

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**TEMPERATURA ÓPTIMA Y TOLERANCIA TERMAL
MÁXIMA Y MÍNIMA EN POSTLARVAS DEL CAMARÓN
DE RÍO *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS* (CRUSTACEA:
PALAEMONIDAE)**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

AUTORES:

Bach. KARLA MILUSKA FERRER CHUJUTALLI

Bach. JOSÉ MANUEL SERNAQUÉ JACINTO

ASESOR:

Dr. WALTER EDUARDO REYES AVALOS

Nuevo Chimbote – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Temperatura óptima y tolerancia termal máxima y mínima en postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae)

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

**Autores: Br. KARLA MILUSKA FERRER CHUJUTALLI
Br. JOSÉ MANUEL SERNAQUÉ JACINTO**

REVISADO Y APROBADO POR EL ASESOR

Dr. WALTER EDUARDO REYES AVALOS

Nuevo Chimbote – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



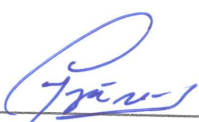
Temperatura óptima y tolerancia termal máxima y mínima en postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae)

Sustentado por


Br. KARLA MILUSKA FERRER CHUJUTALLI

Br. JOSÉ MANUEL SERNAQUÉ JACINTO

Jurado evaluador


Blga.Acui. Carmen Yzásiga Barrera


MSc. Mirian Velásquez Guarníz


Dr. Walter Reyes Avalos

Nuevo Chimbote – Perú

2022

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional del Santa, en el Lab. de Genética....., siendo las 19:00..... horas del día 01 de Septiembre..... se reunió el Jurado Evaluador presidido por

Carmen Yzásiga Barrera..... teniendo como miembros a Mirian Velásquez Guarniz..... (Secretario) (a) y

Walter Reyes Avalos..... (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor....., realizado por (el), (la), (los) tesisistas Karla Miluska Ferrer Chujutall..... José Manuel Sernaque Sacinto.....

....., quien (es) expuso (ieron) el trabajo titulado: Temperatura óptima termal máxima y mínima en post larvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae)

Termina la sustentación, (el), (la), (los) tesisistas respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

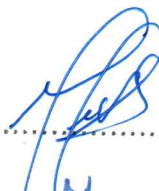
El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pendientes, declara la sustentación como APROBADA..... asignándole un calificativo de 18..... puntos, según artículo 103° del Reglamento de Grados General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, vigente (Res. 492 - 2017-CU-R-UNS)

Siendo las 22:40 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.



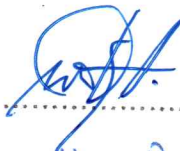
Nombre: Carmen Yzásiga Barrera

Presidente



Nombre: Mirian Velásquez Guarniz

Secretario



Nombre: Walter Reyes Avalos

Integrante

Distribución: Integrantes J. E (), tesisistas () y archivo (02)

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas, por darnos fuerza, voluntad y salud para llevar a cabo nuestras metas y habernos permitido culminar con nuestro trabajo de investigación.

A nuestros queridos padres:

Carla & Reynaldo: por ser el pilar más importante, por demostrarme siempre su amor y sobre todo que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida personal y profesional.

Norma & Manuel: por su comprensión y soporte en todo momento. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, por lo que hoy en día soy una persona de bien.

A nuestros familiares por siempre aconsejarnos para tomar buenas decisiones y encaminar nuestro futuro con sus enseñanzas.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

Karla Miluska Ferrer Chujutalli.
José Manuel Sernaqué Jacinto.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro profundo agradecimiento al Departamento Académico de Biología, Microbiología y Biotecnología de la Universidad Nacional del Santa por permitirnos hacer uso de sus instalaciones, materiales y equipos necesarios para el desarrollo de nuestra investigación.

A nuestros docentes de la escuela de biología en acuicultura, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra vida universitaria, de manera especial al Dr. Walter Reyes Avalos por ser nuestro tutor de investigación quien nos ha guiado con paciencia y rectitud, por estar atento siempre a nuestras dudas, por brindarnos su tiempo y apoyo, con el objetivo de poder culminar nuestro trabajo de investigación.

A todos los que aportaron un granito de arena en este trabajo, fueron muchas las manos amigas encontradas en este proceso.

Para ellos, muchas gracias por todo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Organismos.....	20
3.2 Temperatura óptima.....	20
3.3 Tolerancia termal.....	21
3.4 Análisis estadístico.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
4.1 Temperatura óptima.....	24
4.2 Tolerancia termal.....	26
V. DISCUSIÓN.....	28
VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXO.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros zootécnicos (media \pm desviación estándar) de postlarvas del camarón de río <i>C. caementarius</i> a los 45 días de cultivo en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas.	25
Tabla 2. Parámetros físicos y químicos (media \pm desviación estándar) del agua durante los 45 días de cultivo de postlarvas del camarón de río <i>C. caementarius</i> en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas.	25
Tabla 3. Tolerancia termal, tasa de respuesta a la aclimatación (TRA) e intervalo de tolerancia termal (ITT) de postlarvas del camarón de río <i>C. caementarius</i> aclimatadas durante 45 días en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Peso total (media \pm desviación estándar) de las postlarvas del camarón de río <i>C. caementarius</i> a los 45 días de cultivo en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas. *Temperatura fluctuó con el ambiente. Los valores medios seguidos de las mismas letras sobre las columnas indican diferencia, según la prueba de Duncan ($p<0.05$).	24
Figura 2. Polígono de tolerancia termal de postlarvas del camarón de río <i>C. caementarius</i> aclimatadas durante 45 días en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas. Los triángulos rectángulos representan las zonas de tolerancia adquiridas superior e inferior, el rectángulo es la zona de tolerancia intrínseca y el cuadrilátero completo la tolerancia térmica total (Eme & Bennett, 2009). Letras diferentes sobre o bajo los puntos de la línea recta indican diferencias significativas ($p<0.01$).	27

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
Anexo 1. Lugar de captura de postlarvas de <i>C. caementarius</i> , en la desembocadura del río Mala (Lima – Perú).	49
Anexo 2. A) Extracción de post larvas de <i>C. caementarius</i> y B) Aclimatación de post larvas de <i>C. caementarius</i> , en la desembocadura del río Mala.	49
Anexo 3. A) Sistema de transporte de postlarvas de <i>C. caementarius</i> en baldes y bolsas plásticas de 10 L	50
Anexo 4. A) Aclimatación de postlarvas de <i>C. caementarius</i> en el laboratorio. B) Recambio de agua	50
Anexo 5. A) Sistema de cultivo de postlarvas de <i>C. caementarius</i> . B) filtros biológicos	51
Anexo 6. Alimento balanceado para postlarvas de <i>C. caementarius</i>	51
Anexo 7. Muestreo biométrico A) Uso de vernier digital para medir longitud total. B) Disposición de las postlarvas. C) Método volumétrico para pesado de postlarvas de <i>C. caementarius</i> .	52

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la temperatura óptima y la tolerancia termal de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius*. Las postlarvas fueron capturadas de la desembocadura del río Mala (Lima, Perú). Las larvas fueron aclimatadas durante 20 días y después cultivadas en 18 acuarios (10 L) con agua salobre (12‰), con una densidad de 500 m⁻² y las temperaturas de 19 (control), 22, 24, 26, 28 y 30 °C. El cultivo duró 45 días y se alimentó con balanceado (30%). La temperatura óptima para el crecimiento fue entre 24 °C y 28 °C, aunque en 26 °C se logró mayor crecimiento (1.33 % día⁻¹) y menor en 30 °C (0.87 % día⁻¹) (p<0.05). La supervivencia fue similar (p>0.05) entre tratamientos (64 % y 71 %). Para determinar la tolerancia termal, se emplearon 10 postlarvas de cada temperatura de cultivo y la tasa de calentamiento y enfriamiento fue de 1.1 ± 0.1 °C min⁻¹. El incremento de la temperatura de aclimatación aumentó la temperatura crítica máxima (TCMáx) de 33.82 °C a 38.48 °C y la temperatura crítica mínima (TCMín) de 9.27 °C a 14.58 °C, cuya capacidad de aclimatación fue de 4.66 °C y de 5.31 °C, respectivamente. El Intervalo de tolerancia termal disminuyó (p<0.05) de 24.55 °C hasta 23.90 °C en los aclimatados a 30 °C. La tasa de respuesta a la aclimatación incrementó (p<0.05) de 0.06 °C a 0.68 °C para la TCMáx y de 0.33 °C a 1.48 °C para la TCMín. El margen de seguridad termal actual y futuro fue de 12.48 °C y 9.48 °C para la TCMáx. El área del polígono de tolerancia termal total fue de 242.25 °C², la zona de tolerancia adquirida inferior fue mayor (26.55 °C²) que la superior (23.30 °C²). Las postlarvas demostraron plasticidad termal para cultivo y para hacer frente al cambio climático en un futuro próximo.

Palabras clave: temperatura, plasticidad termal, temperaturas críticas.

ABSTRACT

The objective of the work was to determine the optimum temperature and thermal tolerance of *Cryphiops caementarius* river shrimp postlarvae. Postlarvae were captured from the mouth of the Mala River (Lima, Peru). The larvae were acclimatized for 20 days and then cultured in 18 aquaria (10 L) with brackish water (12‰), with a density of 500 m⁻² and temperatures of 19 (control), 22, 24, 26, 28 and 30 °C. The culture lasted 45 days and fed was fed with balanced (30%). The optimum temperature for growth was between 24 °C and 28 °C, although higher growth was achieved at 26 °C (1.33 % day⁻¹) and lower at 30 °C (0.87 % day⁻¹) (p<0.05). Survival was similar (p>0.05) between treatments (64 % and 71 %). To determine thermal tolerance, 10 postlarvae of each culture temperature were used and the heating and cooling rate was 1.1 ± 0.1 °C min⁻¹. Increasing the acclimation temperature increased the critical thermal maximum (CTMax) of 33.82 °C to 38.48 °C and critical thermal minimum (CTMin) of 9.27 °C to 14.58 °C whose acclimation capacity was 4.66 °C and 5.31 °C, respectively. Thermal Tolerance Interval decreased (p<0.05) from 24.55 °C to 23.90 °C in those acclimatized at 30 °C. The acclimation response rate increased (p<0.05) from 0.06 °C to 0.68 °C for the CTMax and from 0.33 °C to 1.48 °C for the CTMin. The current and future thermal safety margin was 12.48 °C and 9.48 °C for the TCMáx. The area of the total thermal tolerance polygon was 242.25 °C², the lower acquired tolerance zone was larger (26.55 °C²) than the upper acquired tolerance zone (23.30 °C²). The postlarvae demonstrated thermal plasticity for culture and for coping with climate change in the near future.

Key words: temperature, thermal plasticity, critical temperatures.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas acuáticos que sustentan la pesca y la acuicultura están sufriendo importantes cambios como consecuencia del calentamiento global, y las proyecciones indican que se acentuarán en el futuro (Bahri et al., 2018). El cambio climático altera claramente la composición de la diversidad, y todos los organismos deben adaptarse, migrar o perecer; sin embargo, el éxito de las dos primeras estrategias dependerá de su historia vital y sus rasgos de dispersión en relación con la fragmentación del hábitat y de la velocidad a la que cambie su entorno (Woodward et al., 2010). Esto afecta el desarrollo, fisiología y comportamiento durante el crecimiento, reproducción y migración de diversas especies (Uribe, 2015).

Los hábitats de agua dulce son menos estables, ya que se enfrentan a una variabilidad mucho mayor en su entorno, tanto diaria como estacional (Cereja, 2020). De acuerdo con Ölçülü et al. (2019), aquellas especies que viven en un entorno heterotérmico son tolerantes a los cambios fisiológicos de temperatura, lo que, está relacionada con la latitud, la altitud y la temporada (Hussain & Pandit, 2012). La temperatura por sí sola provoca alteraciones de los costes energéticos (Morley et al., 2019) y en cambios en los biomarcadores bioquímicos y en el comportamiento en crustáceos de agua dulce (Cerezer et al., 2020).

El camarón de río *Cryphiops caementarius* tiene importancia social y económica en el Perú (Wasiw & Yépez, 2015) cuya extracción al 2019 alcanzó las 1122 t (PRODUCE, 2020) similar a los años anteriores. Además, esta especie tiene amplia distribución latitudinal desde el río Taymi en Lambayeque en Perú hasta Valparaíso en Chile (Moscoso, 2012). En los ríos donde se distribuye *C. caementarius* hay variaciones de temperatura que dependen de la latitud y de las épocas de verano e invierno. En el río Limari de Chile, el camarón soporta oscilaciones térmicas de 15 °C a 24 °C en verano y de 10 °C a 15 °C en invierno (Bahamonde & Vila, 1971). En los ríos del sur del Perú, donde se concentra las mayores densidades poblacionales de la especie, la temperatura del agua fluctúa entre 16 °C y 29 °C durante el año (Zacarías & Yépez, 2015). Esta amplia variación de la temperatura del hábitat de la especie ya es indicador de la tolerancia termal.

La preferencia termal final de postlarvas y adultos de *C. caementarius* es de

24.5°C (Reyes-Avalos et al., 2020; Reyes et al., 2020). De acuerdo con Giattina & Garton (1982) la temperatura final preferida puede reflejar el óptimo térmico en el que ciertos procesos fisiológicos se llevan con precisión. Sin embargo, no se conoce si esto ocurre en postlarvas de la especie de camarón y, además, no se tiene evidencia de su tolerancia termal. Ambas informaciones son necesarias para ubicar lugares de cultivo.

Por otro lado, no se conocen los efectos que produce las variaciones de temperatura del agua en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *C. caementarius*, y mucho menos se conocen los límites termales máximo y mínimo. En este sentido, el proyecto de investigación contribuirá con determinar por primera vez la temperatura óptima para ser aplicado en el cultivo del camarón. Además, el conocimiento de los límites termales máximo y mínimo permitirá establecer la zona de tolerancia termal de utilidad para la selección de lugares adecuados para el cultivo de la especie de camarón.

Por consiguiente, se formula el siguiente problema de investigación ¿Cuál es la temperatura óptima y la tolerancia termal máxima y mínima en postlarvas del camarón de río *C. caementarius*?

La hipótesis establece que la temperatura óptima para crecimiento y supervivencia de postlarvas de *C. caementarius* cultivadas a diferentes temperaturas (22, 24, 26, 28 y 30 °C), se sitúa entre 24 °C y 26 °C. En cambio, la temperatura de aclimatación (19 °C a 30 °C) incrementa la tolerancia termal máxima y mínima de las postlarvas.

El objetivo general de la investigación fue determinar la temperatura óptima y la tolerancia termal en postlarvas del camarón de río *C. caementarius*.

Los objetivos específicos son:

Determinar la temperatura óptima para el crecimiento de postlarvas del camarón de río *C. caementarius*.

Determinar la temperatura óptima para la supervivencia de postlarvas del camarón de río *C. caementarius*.

Establecer la tolerancia termal máxima y mínima en postlarvas del camarón de río *C. caementarius* aclimatadas a diferentes temperaturas.

Determinar la variación de la tasa de respuesta a la aclimatación, amplitud de tolerancia termal, capacidad de aclimatación y el margen de seguridad termal, en postlarvas del camarón de río *C. caementarius* aclimatadas a diferentes temperaturas.

Delimitar el área de tolerancia termal del camarón de río *C. caementarius* aclimatadas a diferentes temperaturas.

II. MARCO TEÓRICO

Temperatura óptima (TO)

La temperatura óptima se caracteriza por el óptimo funcional del alcance aeróbico que se limita entre las temperaturas críticas que define una ventana de temperatura específica donde el rendimiento del organismo es mayor y constituye la base de la biogeografía dependiente de la temperatura de una especie (Pörtner et al., 2010). En postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii*, la temperatura óptima para el crecimiento se sitúa entre 29 °C y 31 °C (Díaz-Herrera et al., 1993); aunque, las postlarvas también crecen muy bien a 33 °C, siempre que su temperatura de adaptación sea mayor para lograr soportar dicha temperatura (Niu et al., 2003). En postlarvas y juveniles de *M. tenellum* el mayor crecimiento se logra entre 28 °C hasta 32 °C, pero el óptimo es 29 °C (Rodríguez et al., 2012; Vega-Villasante et al., 2011). En juveniles de *Cherax quadricarinatus* la temperatura óptima es de 28 °C donde se obtiene mayor ganancia en peso (García-Guerrero et al., 2013). En juveniles de *Palaemonetes argentinus* y *M. borellii* la temperatura entre 20°C y 25°C es óptima en términos de supervivencia y tasas de crecimiento y la frecuencia de mudas (Montagna, 2011).

Tolerancia termal (TT)

La tolerancia termal es determinada por los parámetros termales críticos, donde el alcance aeróbico disminuye y afecta la supervivencia del organismo (Verberka et al., 2016). El establecer la tolerancia térmica de distintas especies es una práctica frecuente en la biología térmica; no únicamente por el interés de conocer la fisiología térmica de dichos organismos sino por la necesidad de determinar los efectos biológicos de distintos fenómenos térmicos como el cambio climático (Mora y Ospina, 2001). Los estudios acerca de tolerancia térmica se han dirigido primordialmente a peces (Das et al., 2004), por lo que este tipo de estudios ha dado a lugar el interés por realizar trabajos de investigación en otro tipo de organismos, como los crustáceos (Payette y McGraw, 2003).

Los organismos tropicales están más amenazados que los que viven en latitudes más altas y aquellos marinos presentan valores más bajos de TCM_{máx} que los de agua

dulce en regiones templadas, pero no para la región tropical (Cerezer et al., 2020). En crustáceos, la temperatura de aclimatación afecta la respuesta a la tolerancia termal (Lagerspetz & Vainio, 2006). Es decir, la tolerancia termal máxima y mínima incrementan con la temperatura de aclimatación, como en postlarvas y juveniles de *M. tenellum* (Hernández et al., 1996; Rodríguez et al., 2012), *M. rosenbergii* (Herrera et al., 1998), *M. malcolmsonii* (Selvakumar & Geraldine, 2005), aunque también en adultos de *M. acanthurus* (Díaz et al., 2002), entre otras especies.

En juveniles de *M. tenellum* la tolerancia termal máxima fue de 42.0 °C y 43.5 °C cuando la temperatura de aclimatación fue de 21 °C y 36 °C, respectivamente (Rodríguez et al., 2012). En cambio, en juveniles de *C. quadricarinatus*, la tolerancia termal máxima fue entre 36 °C y 42 °C a las temperaturas de aclimatación entre 20 °C y 32 °C (Díaz et al., 2004), similar sucede en *M. malcolmsonii* de 37.7 °C y 41.4 °C (Selvakumar & Geraldine, 2005). En juveniles de *Samastacus spinifrons*, la sobrevivencia adecuada esta entre 18°C y 22°C, en cambio es letal a 26 °C (Rodríguez-Aguilera & García-Araya, 2010).

En adultos de *M. acanthurus*, la tolerancia termal máxima fue entre 34.2 °C y 39.8 °C a las temperaturas de aclimatación entre 20 °C y 32 °C; y la tolerancia térmica mínima fue de entre 11.0 °C y 16.2 °C, respectivamente (Díaz et al., 2002). En cambio, en adultos de *C. caementarius* solo se conoce el límite máximo de tolerancia que es de 32 °C durante 5 h y el mínimo de 10 °C, aunque esto se determinó sin aclimatación previa (Viacava et al., 1978). En juveniles de *M. tenellum* la tolerancia termal mínima fue de 8.1 °C y 11.1 °C a las temperaturas de aclimatación de 21 °C y 36 °C, respectivamente (Rodríguez et al., 2012). Los organismos en situaciones de estrés termal responden mediante la liberación de proteínas de shock térmico que son fundamentales para la supervivencia celular, son enormemente conservadas (Srivastava, 2002), trabajan como acompañantes, señalan la comunicación célula a célula, y participan en la duplicación, transporte y ensamble de las proteínas; son sintetizadas como contestación al estrés, perteneciente de temperaturas extremas, altas concentraciones de iones, gases y distintas sustancias tóxicas y otras condiciones fisiológicas en medio de las que se compromete la apoptosis y la contestación inmune (Storey y Storey, 2011).

Tasa de Respuesta a la Aclimatación (TRA)

Además, es de interés determinar parámetros específicos de tolerancia termal de las especies como la tasa de respuesta a la aclimatación (TRA) que mide el cambio en la temperatura crítica por cada grado de cambio en la temperatura de aclimatación y se considera como una medida para indicar la respuesta fisiológica de organismos acuáticos a cambios de temperatura (Claussen, 1977) y representa una ventana dentro de la mitad superior del nicho termal de una especie la que es mayor en altas latitudes (Morley et al., 2019).

Intervalo de Tolerancia Termal (ITT)

El intervalo de tolerancia termal es una reacción específica de cada especie, la cual puede cambiar con la fase del periodo de vida, la disponibilidad de alimento, la estacionalidad, la condición patológica, la competencia ecológica, la calidad del agua y la magnitud lumínica (Healy y Schulte, 2003).

Capacidad de Aclimatación (CA)

De igual manera, la capacidad de aclimatación (CA) se refiere al cambio de un estado fisiológico estable a otro estado distinto en reacción a cambios ambientales bajo condiciones controladas (Peck *et al.*, 2014). Los organismos acuáticos emplean su capacidad de adaptación para mantenerse en un hábitat peculiar respondiendo a los cambios existentes en el ambiente por medio de ajustes metabólicos, los cuales les proporcionan a los organismos una plasticidad fisiológica, la cual es importante en los ectotermos que perciben o soportan amplias fluctuaciones de temperatura (Buckley et al., 2001).

Margen de Seguridad Termal (MST) y Margen de Seguridad Termal Futuro (MSTF)

En cambio, el margen de seguridad termal (MST) es considerado como la

diferencia de la temperatura máxima que el organismo puede soportar en su ambiente y la temperatura máxima de su entorno (Madeira et al., 2017) y para el margen de seguridad termal futuro (MSTF) se considera el calentamiento del ambiente que puede suceder en el futuro próximo (Vinagre et al., 2019). En todos los modelos que evalúan los acontecimientos futuros del cambio climático global exhiben un calentamiento sustancialmente mayor que 2 °C al 2100, con un rango de temperatura de la superficie que aumenta entre 2.4 °C y 4.5 °C (Nazarenko et al., 2015).

Por ello, la temperatura crítica máxima, la capacidad de aclimatación y el margen de seguridad termal incluido el margen de seguridad futuro, son muy útiles para la comprensión de la ecología del calentamiento climático en el futuro, ya que estas estimaciones serán valiosos valores de referencia para estudios potenciales de especies acuáticas (Vinagre et al., 2019). Así mismo, los polígonos de tolerancia térmica crítica y la división en zonas totales, intrínsecas y adquiridas, así como las comparaciones estadísticas inter e intraespecíficas de estas zonas, proporcionan información importante sobre cómo cada especie mitiga los problemas asociados a los cambios de temperatura ambiental (Eme & Bennett, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Organismos

Las postlarvas de camarón fueron capturadas entre 100 a 200 m de la desembocadura del río Mala (12°40'30"S 76°39'30"W) (Lima, Perú) donde la temperatura del agua fue de 19.2 °C (septiembre 2021). El transporte se realizó en bolsas de plástico con 10 L de agua del mismo río. La densidad de transporte fue de 200 Postlarvas L⁻¹. El transporte terrestre duró 16 h.

En laboratorio, las postlarvas de *Cryphiops caementarius* se reconocieron con la clave taxonómica (Méndez, 1981). Luego, se aclimataron por 20 días en acuarios (55 L) acondicionados con aireación y sustratos de malla plástica para disminuir el canibalismo y la temperatura del agua fue de 19.3 ± 0.3 °C. Además, se alimentaron con balanceado (30% proteína cruda) y se realizaron recambios del agua (20%) y limpieza de los restos de alimento tres veces por semana.

3.2 Temperatura óptima

El sistema de cultivo de postlarvas consistió de 18 acuarios de vidrio (0.30 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.20 m de alto, con 0.06 m² y 10 L), con agua a 12‰ de salinidad y a 500 postlarvas m⁻² (30 postlarvas por acuario) de acuerdo a lo sugerido previamente (Cano et al., 2014). En cada acuario se instaló un termorregulador sumergible de 100 W Sebo[®] (± 0.5 °C) para mantener la temperatura del agua de los tratamientos experimentales (22, 24, 26, 28 y 30 °C) y en el tratamiento control la temperatura fluctuó con el ambiente (19.3 ± 0.3°C); además se mantuvo un flujo de aire (1.5 L min⁻¹) para mantener constante el oxígeno y evitar estratificación térmica.

Las postlarvas (n = 540) seleccionadas (1.2 ± 0.2 cm de longitud total) fueron asignadas al azar en cada acuario de cultivo y fueron alimentadas con alimento balanceado (30% de proteína cruda) elaborado con la formulación de Reyes-Avalos (2016). La ración diaria (08:00 y 18:00 h) fue del 10 % de la biomasa húmeda, que se reajustó después de cada muestreo.

Los muestreos biométricos se realizaron cada 15 días durante 45 días. El peso total de las postlarvas se determinó por el método volumétrico (Cano et al., 2014), el cual consistió en colocar 10 postlarvas sobre papel secante durante 5 s, luego se introdujeron en una probeta de vidrio de 20 mL con volumen de agua conocido y el desplazamiento del volumen de agua se multiplicó por el factor 1.07. La longitud total (escotadura post orbital hasta el extremo posterior del telson) se midió con vernier digital Truper (± 0.01 mm) con las PLs posicionados ventralmente. Con los datos de longitud y peso se determinaron la ganancia porcentual (GP), la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la tasa de crecimiento específica (TCE). La supervivencia S (%) se determinó por observación de los camarones a través de los acuarios.

$$GP (\%) = \frac{CA}{X1} \times 100$$

$$TCE (\% \text{ día}^{-1}) = \frac{(\ln X2) - (\ln X1)}{t2 - t1} \times 100$$

$$S (\%) = \frac{Nf}{Ni} \times 100$$

Donde X1 es la longitud o peso iniciales, X2 es la longitud y peso finales, t1 es el tiempo de inicio, t2 es el tiempo final, ln es el logaritmo neperiano, Nf y Ni es el número de camarones al final y al inicio del cultivo, respectivamente.

Los desechos sólidos de excreción y el alimento no consumido acumulados en los acuarios se extrajeron dos veces por semana. La temperatura del agua de los acuarios se registró diariamente con termómetro digital (± 0.01 °C). Los parámetros químicos del agua de los acuarios se monitoreo cada semana y se determinó oxígeno disuelto con Oxímetro digital (± 0.01 mg L⁻¹), pH con pH-metro digital (± 0.01 unidades) y amonio total y nitritos con analizador multiparamétrico (± 0.01 mg L⁻¹).

3.3 Tolerancia termal

Las postlarvas procedieron del experimento de temperatura óptima, es decir, después de 45 días de cultivo a las temperaturas de aclimatación indicadas. Para determinar la tolerancia termal máxima y mínima, se emplearon 10 postlarvas por cada temperatura de aclimatación y por réplica, las que se introdujeron en vasos de plástico

flexible con 250 mL de agua a las mismas condiciones ambientales de aclimatación (temperatura, salinidad y aireación). Para elevar la temperatura del agua se empleó un equipo termorregulador (10 L) y para enfriar el agua se empleó un recipiente de plástico (10 L) donde se introdujo bolsas de hidrogel congeladas. El sistema se probó hasta alcanzar una variación de $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$, según lo sugerido por Beitinger et al. (2000). En ambos casos, se incrementó o disminuyó la temperatura en $1.1 \pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$. La temperatura del agua se registró con termómetro digital ($\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$). En este estudio, se tuvo en cuenta la Ley peruana vigente (Ley 27265, Ley de Protección a los Animales Domésticos y a los Animales Silvestres Mantenidos en Cautiverio) y se hizo todo lo posible para minimizar el sufrimiento durante la exposición de los individuos al estímulo ambiental.

El punto final de la temperatura crítica (TC) tanto máxima (TCMáx) y mínima (TCMín) se determinó por el método de desorientación de acuerdo a Nelson & Hooper (1982), el cual consistió en registrar la temperatura en el cual hay desorientación total de postlarvas. La desorientación total se consideró como el punto térmico anterior a la muerte en el que los movimientos locomotores se desorganizan y el animal pierde la capacidad de escapar de las condiciones que finalmente pueden conducir a la muerte (Beitinger et al., 2000). Luego, para corroborar si las respuestas corresponden a la tolerancia termal máxima o mínima, se evaluó el porcentaje de supervivencia de las mismas postlarvas de cada temperatura de aclimatación después de la transferencia a su gradiente térmico de $2 \text{ }^\circ\text{C}$ menor que a la temperatura de desorientación (Hernández et al., 1996).

Además, con los datos de TCMáx y TCMín se determinaron la tasa de respuesta a la aclimatación (TRA) fue calculado según Claussen (1977) y el intervalo de tolerancia termal (ITT) según Tongnunu & Beamish (2017), en ambos casos fue para cada temperatura de aclimatación. La capacidad de aclimatación (CA) se calculó según Madeira et al. (2017) y el margen de seguridad termal (MST) y el margen de seguridad termal futuro (MSTF) para el 2100 según Vinagre et al. (2019) donde la temperatura media anual máxima del hábitat es de $26 \text{ }^\circ\text{C}$ (INRENA, 2007).

$$\text{TRA} = \frac{\Delta\text{TCMáx o } \Delta\text{TCMín}}{\Delta\text{T de aclimatación}}$$

$$\text{ITT (}^\circ\text{C)} = \text{TCMáx} - \text{TCMín}$$

$$CA = TC \text{ a } 30 \text{ }^{\circ}\text{C} - TC \text{ a } 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$MST = TCM_{\text{máx}} - T \text{ máxima del hábitat}$$

$$MSTF = TCM_{\text{máx}} - (T \text{ máxima del hábitat} + 3^{\circ}\text{C})$$

El área del polígono de temperatura ($^{\circ}\text{C}^2$) se determinó según Bennett & Beitinger (1997). Los polígonos se dividieron en una zona de tolerancia intrínseca y en dos zonas de tolerancia adquiridas, elaborado con los polígonos con líneas horizontales de los valores de $TCM_{\text{máx}}$ y $TCM_{\text{mín}}$ (Eme & Bennett, 2009).

3.4 Análisis estadístico

Los datos de crecimiento, supervivencia y tolerancia termal, se analizaron mediante el diseño estadístico completamente al azar y se expresaron como media con su desviación estándar. La normalidad de los datos se determinó con la prueba Shapiro-Wilk. La relación entre temperatura de aclimatación y $TCM_{\text{máx}}$ o $TCM_{\text{mín}}$ fue determinada por regresión lineal simple con significancia del 1 %. La diferencia entre las medias de los tratamientos se determinó por análisis de varianza simple y con la prueba de Duncan, con significancia del 5 %. Los datos se procesaron con el programa estadístico SPSS versión 23 para Windows.

IV. RESULTADOS

4.1 Temperatura óptima

La temperatura óptima para el cultivo de postlarvas del camarón de río *C. caementarius* fue entre 24 y 28 °C, aunque mayor crecimiento en peso se alcanza con 26 °C (Fig. 1).

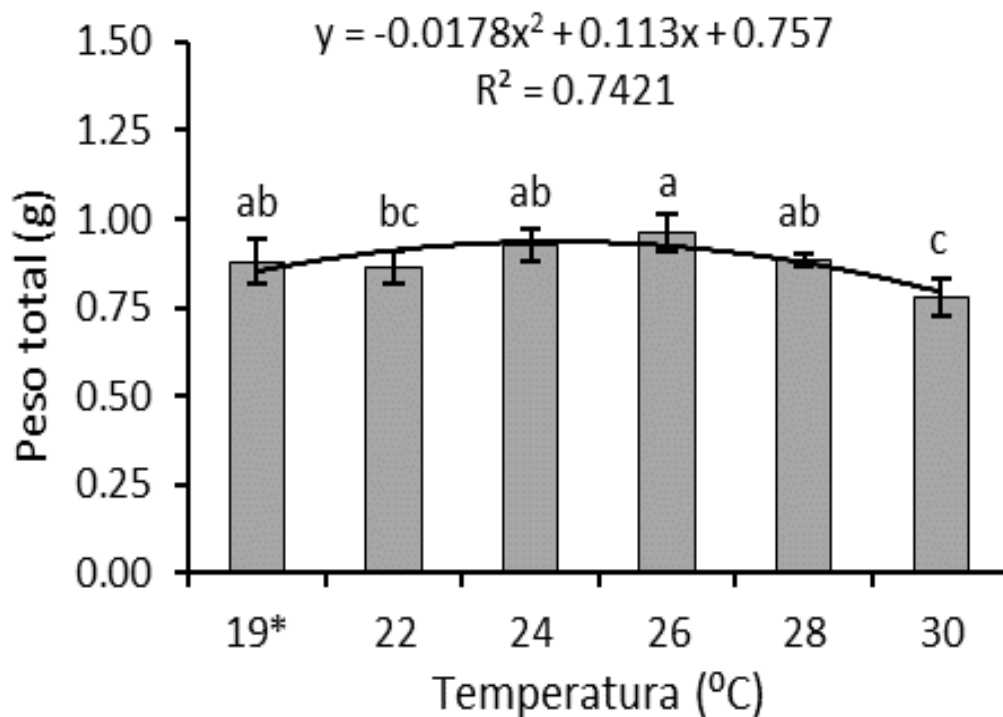


Figura 1. Peso total (media \pm desviación estándar) de las postlarvas del camarón de río *C. caementarius* a los 45 días de cultivo en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas. *Temperatura fluctuó con el ambiente. Los valores medios seguidos de las mismas letras sobre las columnas indican diferencia, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Los mayores parámetros de crecimiento en peso de las postlarvas del camarón de río *C. caementarius* se obtuvo en temperaturas de hasta 28 °C, pero mayor tendencia en el crecimiento se logró con 26 °C. En cambio, con 30 °C se obtuvo el menor crecimiento. La supervivencia fue similar ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros zootécnicos (media \pm desviación estándar) de postlarvas del camarón de río *C. caementarius* a los 45 días de cultivo en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas.

Parámetros	Temperatura (°C)					
	19*	22	24	26	28	30
PT (g)	0.88 \pm	0.86 \pm	0.92 \pm	0.96 \pm	0.88 \pm	0.78 \pm
GP (%)	0.07 ^{ab}	0.05 ^{bc}	0.05 ^{ab}	0.05 ^a	0.02 ^{ab}	0.05 ^c
TCE (% día ⁻¹)	66.10 \pm	63.08 \pm	74.40 \pm	81.70 \pm	66.73 \pm	47.11 \pm
S (%)	12.48 ^{ab}	8.73 ^{bc}	8.79 ^{ab}	9.82 ^a	3.68 ^{ab}	9.42 ^c
	1.21 \pm	1.09 \pm	1.23 \pm	1.33 \pm	1.14 \pm	0.87 \pm
	0.12 ^{ab}	0.12 ^{bc}	0.11 ^{ab}	0.12 ^a	0.05 ^{ab}	0.13 ^c
	71.11 \pm	67.78 \pm	70.00 \pm	71.11 \pm	64.44 \pm	70.00 \pm
	3.85 ^a	3.85 ^a	3.33 ^a	7.70 ^a	5.09 ^a	3.3 ^a

PT: Peso total. GP: Ganancia porcentual. TCE: Tasa de crecimiento específico. S: Supervivencia. *Temperatura fluctuó con el ambiente. Datos con diferentes letras en superíndice en una misma fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

Los parámetros de la calidad del agua de cultivo variaron significativamente ($p < 0.01$) con el incremento de la temperatura (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos (media \pm desviación estándar) del agua durante los 45 días de cultivo de postlarvas del camarón de río *C. caementarius* en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas.

Parámetros	Temperatura (°C)					
	19*	22	24	26	28	30
Oxígeno (mg L ⁻¹)	6.60 \pm	6.68 \pm	6.64 \pm	6.32 \pm	5.35 \pm	5.12 \pm
	0.18 ^a	0.31 ^a	0.15 ^b	0.13 ^b	0.23 ^a	0.24 ^a
Amonio (mg L ⁻¹)	0.32 \pm	0.32 \pm	0.43 \pm	0.33 \pm	0.35 \pm	0.41 \pm
	0.14 ^a	0.14 ^a	0.29 ^b	0.29 ^b	0.35 ^a	0.14 ^a
Nitritos (mg L ⁻¹)	2.00 \pm	1.50 \pm	2.50 \pm	2.75 \pm	1.25 \pm	2.00 \pm
	2.59 ^a	0.71 ^a	2.29 ^a	3.18 ^a	1.06 ^a	2.60 ^a

*Temperatura fluctuó con el ambiente. Datos con diferentes letras en superíndice en una misma fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

4.2 Tolerancia termal

La temperatura de aclimatación de las postlarvas ocasionó incremento ($p < 0.05$) de la TCMáx y de la TCMín y la CA fue de 4.66 °C y 5.31 °C, respectivamente (Tabla 3). La línea de regresión entre las temperaturas críticas y la temperatura de aclimatación muestran una correlación alta y positiva (Fig. 2). La TRA varió ($p < 0.05$) de 0.06 °C a 0.68 °C para la TCMáx y de 0.33 °C a 1.48 °C para la TCMín. El ITT incrementó ($p < 0.05$) en solo 1.75 °C, entre las temperaturas de aclimatación de 22 °C hasta 28 °C, pero disminuyó ($p < 0.05$) 1.58 °C con la temperatura de aclimatación de 30 °C (Tabla 3). La MST fue de 12.48 °C y el MSTF fue de 9.48 °C.

Tabla 3. Tolerancia termal, tasa de respuesta a la aclimatación (TRA) e intervalo de tolerancia termal (ITT) de postlarvas del camarón de río *C. caementarius* aclimatadas durante 45 días en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas.

Temperatura de aclimatación (°C)	Tolerancia termal		TRA (°C)		
	TCMáx (°C)	TCMín (°C)	TCMáx	TCMín	ITT (°C)
19*	33.82 ±	9.27 ± 0.54 ^a			24.55 ±
22	0.27 ^a	10.27 ±	0.06 ±	0.33 ±	0.63 ^b
24	34.00 ±	0.22 ^b	0.15 ^a	0.18 ^a	23.73 ±
26	0.26 ^a	10.53 ±	0.43 ±	0.13 ±	0.23 ^a
28	34.85 ±	0.21 ^b	0.18 ^b	0.09 ^a	24.32 ±
30	0.45 ^b	10.68 ±	0.65 ±	0.08 ±	0.48 ^{ab}
	36.15 ±	0.37 ^b	0.18 ^{bc}	0.22 ^a	25.47 ±
	0.38 ^c	11.63 ±	0.48 ±	0.48 ±	0.54 ^c
	37.12 ±	0.52 ^c	0.26 ^{bc}	0.43 ^a	25.48 ±
	0.23 ^d	14.58 ±	0.68 ±	1.48 ±	0.48 ^c
	38.48 ±	0.95 ^d	0.10 ^c	0.51 ^b	23.90 ±
	0.27 ^e				1.02 ^{ab}

*Temperatura fluctuó con el ambiente. Datos con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

El área del polígono de tolerancia termal total fue de 242.25 °C² para las temperaturas de aclimatación de 19 °C a 30 °C. La zona de tolerancia adquirida superior

fue de $23.30\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ y la inferior fue de $26.55\text{ }^{\circ}\text{C}^2$. La zona de tolerancia intrínseca fue de $192.40\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ (Figura 2).

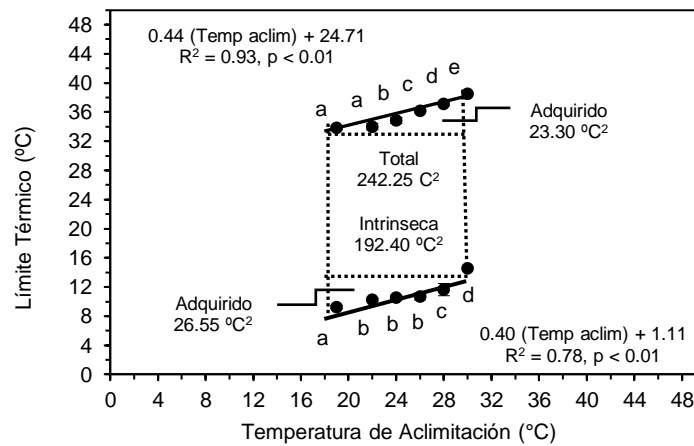


Figura 2. Polígono de tolerancia termal de postlarvas del camarón de río *C. caementarius* acimatadas durante 45 días en agua salobre (12‰) y a diferentes temperaturas. Los triángulos rectángulos representan las zonas de tolerancia adquiridas superior e inferior, el rectángulo es la zona de tolerancia intrínseca y el cuadrilátero completo la tolerancia térmica total (Eme & Bennett, 2009). Letras diferentes sobre o bajo los puntos de la línea recta indican diferencias significativas ($p < 0.01$).

V. DISCUSIÓN

Temperatura óptima

En la investigación, las postlarvas de *C. caementarius* crecen y sobreviven durante 45 días en un amplio rango de temperatura (19 °C a 30 °C), pero el crecimiento óptimo se logró entre 24 °C y 28 °C, aunque en 26 °C sucede los mayores parámetros de crecimiento, donde la TCE y la GP fueron las más altas (1.33 % día⁻¹ y 81.70 %, respectivamente). Similares resultados se obtienen con juveniles de *Palaemon elegans*, donde las tasas de crecimiento son más altas entre 21 °C y 27 °C, pero la temperatura óptima para el crecimiento es de 24°C (Amsalem & Rilov, 2020). En *C. quadricarinatus* es conveniente cultivar a 28 °C para maximizar el aumento de peso, pero los procesos fisiológicos son más eficientes a 25 °C, como sugiere la mayor tasa de supervivencia a esta temperatura (García-Guerrero et al., 2013).

En crustáceos de agua dulce, la temperatura para el crecimiento óptimo siempre excede la temperatura de preferencia y son altamente correlacionadas (Westhoff & Rosenberger, 2016). En postlarvas de *C. caementarius*, aun cuando no es muy clara la temperatura óptima los mayores parámetros de crecimiento se dieron entre 24 °C a 28 °C, mayor que la preferencia termal final que es de 24.5 °C (Reyes et al., 2020). Este rango termal debe considerarse para seleccionar ambientes donde cultivar postlarvas de la especie de camarón, aunque consideramos que 26 °C sería conveniente para lograr mayores pesos. En juveniles de *M. occidentale* la temperatura óptima está entre 25 °C a 28 °C, pero el extremo menor es indicado para mantener alta supervivencia y el extremo mayor para un rápido crecimiento (Hernández-Sandoval et al., 2018).

En cambio, en las postlarvas de *C. caementarius* cultivadas a 30 °C hubo menor crecimiento en peso, lo que indica que esta temperatura sería peligrosa para la especie probablemente porque se encuentra en estrés termal crónico, pues se ha reportado que los juveniles, de la misma especie, sufren estrés a 30 °C, debido a que las demandas energéticas exceden las reservas individuales (Zúñiga and Ramos, 1990). Similares resultados se obtienen con juveniles de *M. borellii* y *P. argentinus* cultivados a 30°C donde hubo reducción del crecimiento por escasas de energía a pesar de que fueron alimentados en exceso (Montagna, 2011). Además, en *Aegla longirostri* las elevadas

temperaturas comprometen el sistema de defensa antioxidante, y producen alteraciones bioquímicas a nivel de músculo y hepatopáncreas (Cerezer et al., 2020).

Es probable que los resultados del crecimiento de las postlarvas de *C. caementarius* en todos los tratamientos, fueron afectados en similar proporción por la calidad del agua, principalmente por la alta concentración de amonio (0.32 a 0.43 mg L^{-1}) y de nitritos (1.25 a 2.75 mg L^{-1}). En investigaciones previas con la misma especie de camarón y en el mismo sistema de cultivo, los valores de amonio y nitritos fueron $<0.02 \text{ mg L}^{-1}$ y $<0.18 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente (Mogollón-Calderón & Reyes-Avalos, 2021; Fuentes et al., 2021). Además, el agua para el cultivo de camarones de agua dulce debe contener $<0.5 \text{ mg L}^{-1}$ de amonio y $<1.0 \text{ mg L}^{-1}$ de nitrito (New et al., 2010). En la investigación el agua del cultivo de las postlarvas del camarón tuvo 12 ‰ de salinidad con la finalidad de disminuir el canibalismo (Cano et al., 2014) y en esta salinidad la toxicidad de los nitritos se reduce (Coyle et al., 2010) por la presencia de los iones cloruros en el agua, como sucede en *M. rosenbergii* (Zhang et al., 2015), lo que debe haber contribuido con mantener la supervivencia entre 64 % y 71 %, pero al mismo tiempo afectó el crecimiento de las postlarvas de camarón, de ahí que no se observó mayores diferencias entre tratamientos. Es conveniente mantener buenas condiciones de calidad del agua mediante recambios frecuentes del agua o con filtros biológicos, para evitar estresar a los animales y evidenciar con claridad los efectos del estímulo empleado.

Temperaturas críticas

La temperatura de aclimatación, la tasa de cambio de temperatura y la historia térmica son factores de importancia en los estudios térmicos, y sugieren que los datos de tolerancia no tienen sentido a menos que se especifiquen estas variables (Dallas & Rivers-Moore, 2012). En la investigación, se cumplió con estos factores, solo que para la historia térmica se tuvo en cuenta el lugar de captura y el tamaño de *C. caementarius* que según Morales et al. (2006) corresponde a la primera postlarva, por lo que los animales estuvieron por 45 días expuestos a las diferentes temperaturas de aclimatación, toda vez que en los crustáceos la historia térmica reciente altera la tolerancia termal y la supervivencia (Ledet et al., 2021) y la larga duración del periodo de aclimatación termal

puede dar lugar a predicciones precisas sobre los patrones futuros de la biodiversidad, que aquellas de corta duración (Morley et al., 2019).

En el presente estudio se demostró por primera vez que el incremento de la temperatura de aclimatación de 19 °C a 30 °C aumenta significativamente la tolerancia termal de las postlarvas de *C. caementarius*, donde la TCM_{máx} varió de 33.82 °C a 38.48 °C y la TCM_{mín} de 9.27 °C a 14.58 °C, respectivamente, lo que indica que las postlarvas son capaces de compensar los efectos del calentamiento climático mediante la aclimatación. Similar efecto sucede en postlarvas y juveniles de crustáceos de agua dulce, aunque con diferentes magnitudes. En postlarvas de *M. rosenbergii*, el CTMax incrementa de 36.3 °C a 41.6 °C y el CTMin de 10.0 °C a 16.8 °C, a las temperaturas de aclimatación entre 20 °C y 32 °C, respectivamente (Díaz et al., 1998). En juveniles de *C. quadricarinatus*, el CTMax incrementa de 36 °C a 42 °C a las temperaturas de aclimatación entre 20 °C y 32 °C (Díaz et al., 2004). En cambio, en juveniles de *M. tenellum* el CTMax incrementa de 42,0 °C a 43,5 °C y el CTMin de 8,1 °C a 11,1 °C a las temperaturas de aclimatación de 21 °C y 36 °C, respectivamente (Rodríguez et al., 2012). Además, la mayor amplitud de los coeficientes de variación de la CTmin (1.79% - 5.92%) en relación con la CTMax (0.62% - 1.28%) refleja que las postlarvas de camarón son más sensibles al estrés por calor que al frío. Esta situación ha sido reflejada en peces e indica que es más probable que mueran cuando la temperatura alcanza un cierto umbral de calor (Wu et al., 2022).

La TCM_{máx} (38.48 °C) y la TCM_{mín} (9.27 °C) corresponden a los extremos termales tolerables por las postlarvas de *C. caementarius* y por ser residentes temporales de los estuarios, como sucede en otros crustáceos, tienen mecanismos adaptativos para hacer frente a las variaciones termales (Elliott & Whitfield, 2011) y permanecer corto tiempo en dicho lugar (Delgado et al., 2019), por lo que deben haber activado ciertos mecanismos fisiológicos para soportar extremas variaciones termales, como las proteínas del shock térmico que en crustáceos se expresan en embriones, larvas (Polsuwan & Damrongphol, 2020), juveniles (Selvakumar & Geraldine, 2005) y adultos (Ju-Ngam et al., 2021). En las larvas recién eclosionadas de *C. caementarius*, que incluso sin aclimatación termal previa, se altera su comportamiento natatorio como respuesta al estrés termal por incremento abrupto (22 °C a 32 °C) y disminución de la temperatura del agua (22 °C a 10 °C), para mantener la supervivencia (Reyes et al., 2014). De acuerdo a estas evidencias, las larvas y postlarvas de *C. caementarius* nacen

capacitadas para soportar amplias variaciones termales y de esta manera asegurar la supervivencia de la prole en lugares cuyas condiciones ambientales son altamente fluctuantes.

Tasa de respuesta a la aclimatación

En animales ectotérmicos, un alto valor de la TRA indica que hay mayor tolerancia térmica después de la aclimatación (Kelley, 2014); es decir, la TRA explica la velocidad a la que se producen las respuestas graduales y a largo plazo, a los cambios ambientales (Hernández-Sandoval et al., 2018) y representa la ventana dentro de la mitad superior del nicho termal de la especie (Morley et al., 2019). En *C. caementarius* la temperatura de aclimatación (19 a 30 °C) ocasionó amplia variación de la TRA tanto de la TCMáx (0.06 a 0.68) como de la TCMín (0.33 a 1.48), y es probable que sea consecuencia de los climas áridos y templados del ambiente (SENAMHI, 2021) donde habita la especie de camarón, lo que significa que refleja una mayor plasticidad en la función fisiológica en respuesta a los cambios de temperatura, como ha sido sugerido en peces (Wu et al., 2022). Para el cangrejo de río de clima frío *A. leptodactylus* los valores globales de la TRA fueron calculados como 0.13-0.24 (Ölçülü et al., 2019). Para el cangrejo de río subtropical *C. quadricarinatus* la TRA es de 0.33-0.66 (Díaz et al., 2004) y en juveniles de *M. occidentale* es entre 0.37 a 0.53 para la TCMáx (Hernández-Sandoval et al., 2018). Para el crustáceo tropical *M. rosenbergii* la TRA para la TCMáx es de 0.43-0.45 en postlarvas y de 0.45-0.52 en juveniles, y para la TCMín es de 0.50-0.63 y de 0.47-0.55, respectivamente (Díaz et al., 1998). Como puede observarse, los crustáceos de climas tropicales tienen valores de TRA superiores, pero menos variables que las especies templadas (Rodríguez-Fuentes et al., 2017). Sin embargo, la TRA mostró diferente comportamiento, así la mayor plasticidad al calor se observó solo en las temperaturas de aclimatación de 22-24 °C y 24-26 °C donde la TRA TCMáx fue mayor que la TRA CTMín, en cambio, mayor plasticidad al frío se dio en temperaturas > 26 °C y < 22 °C, donde la TRA CTMax fue menor que la TRA CTMín, lo que significa que las postlarvas de *C. caementarius* puede mostrar poca tolerancia al calor y una mayor adaptabilidad al frío. Similar comportamiento de la ARR se reporta en peces (Wu et al., 2022).

Intervalo de tolerancia termal

El mayor ITT indica cambios fisiológicos compensatorios que permiten a los peces, expuestos a temperaturas fluctuantes permanecer metabólicamente activos en el rango de temperatura más amplio que aquellos aclimatados a temperatura constante (Feldmeth et al., 1974). El ITT de las postlarvas de *C. caementarius* incrementa desde 23.73 °C hasta 25.48 °C con las temperaturas de aclimatación de 22 °C a 28 °C, lo que confirma lo reportado previamente en postlarvas de la misma especie cuya zona óptima termal es de 23.2 °C a 25.8 °C (Reyes et al., 2020). Así mismo, el ITT de *C. caementarius* fue similar al de *M. rosenbergii* (24.8 °C a 27.3 °C) (Díaz et al., 1998), aunque fue mayor que *M. acanthurus* (22.9 °C a 23.6 °C) (Díaz et al., 2002). En cambio, la disminución del ITT a 23.90 °C con la temperatura de aclimatación de 30 °C es una respuesta de las postlarvas de *C. caementarius* al estrés termal crónico que afecta también el crecimiento, probablemente por alguna alteración del metabolismo dado el tiempo (45 días) en permanecer en dicha temperatura. En los ectotermos el incremento de la temperatura supone aumento de los gastos energéticos o de los gastos adicionales asociados al ajuste de las vías fisiológicas (Morley et al., 2019) y comprometen el sistema de defensa antioxidante (Cerezer et al., 2020). Además, la reducción del ITT está relacionado con las ventajas ecológicas asociadas a los hábitats que tienen temperaturas óptimas para el crecimiento (Paschke et al., 2013) y que en *C. caementarius* la temperatura óptima fue de 26 °C, y que como se mencionó fue mayor que su temperatura de preferencia de 24.5 °C (Reyes et al., 2020).

Capacidad de Alimentación

El incremento gradual de la temperatura del agua por efecto del cambio climático se ha estimado que puede ser en un rango de 2.4 °C y 4.5 °C al 2100 (Nazarenko et al., 2015). En este extenso periodo podría suceder una aclimatación natural de los organismos como para soportar temperaturas extremas, principalmente en las especies de climas templados que son los que toleran mejor los incrementos de la temperatura del agua que las tropicales, tanto en peces como en crustáceos (Vinagre et al., 2018). La capacidad de aclimatación (CA) es el cambio de un parámetro fisiológico para que el organismo se adapte a las nuevas condiciones ambientales (Madeira et al., 2017). En este sentido, los crustáceos marinos poseen bajos límites de tolerancia en el rango de 1.3

a 2.6 (Padilla-Ramírez et al., 2015), debido a que provienen de ambientes altamente estables (Teplot & Somero, 2014). En cambio, en crustáceos de agua dulce, hay relación directa entre las temperaturas críticas con las de aclimatación, pero los límites de tolerancia son mayores y están en el rango de 2 a 6 como en *M. tenellum* (Hernández et al., 1996), *M. rosenbergii* (Díaz et al., 1998), *M. occidentale* (Hernández-Sandoval et al., 2018), entre otros. En las postlarvas de *C. caementarius* estos límites de tolerancia, también considerada como capacidad de aclimatación (Madeira et al., 2017), se incrementó en 4.66 °C según la TCM_{máx} y en 5.31 °C para la TCM_{mín}, los que tuvieron alta correlación ($r = 0.965$ y 0.884 , respectivamente) positiva y significativa ($p < 0.01$). Esto sugiere que durante ciertos eventos de incremento extremo de la temperatura del agua principalmente en verano, las postlarvas tendrán capacidad para sobrevivir en dicho estrés termal.

Margen de seguridad termal

El margen de seguridad térmica (MST) es la comparación de la temperatura máxima que puede soportar un organismo con la temperatura máxima del entorno (Madeira et al., 2017). Los ectotermos que viven en entornos cerca de su óptimo fisiológico tienen pequeños MST y pequeñas cantidades de calentamiento probablemente disminuirán el rendimiento; por el contrario, las especies con grandes MST térmica viven en entornos que, en promedio, son más fríos que los óptimos y deberían experimentar aumentos iniciales en las tasas de crecimiento de la población y el rendimiento a medida que aumentan las temperaturas (Deutsch et al., 2008). Los crustáceos marinos costeros de climas templados y tropicales poseen amplio MST de 8°C a 13° C y MSTF de 5°C a 10°C (Vinagre et al., 2018). En postlarvas de *C. caementarius*, la MST es de 12.48 °C, lo que significa que la especie no estaría en riesgo durante los incrementos abrupto de la temperatura del agua en el hábitat, principalmente en los meses de verano austral. Sin embargo, el MSTF fue de 9.48 °C, lo que es aún normal con ciertos organismos marinos (Vinagre et al., 2019) y de agua dulce (Campos et al., 2021). Los valores del MST son importantes para comprender los cambios de distribución de las especies en zonas más amplias, pero el MSTF es un valor de referencia de los límites termales superiores a tener en cuenta para que en el 2100 se pueda distinguir una especie adaptada de una especie naturalmente resistente al calor

(Vinagre et al., 2019). Nuestros resultados demuestran que, ante un escenario de cambio climático en el futuro, la especie de camarón puede soportar temperaturas 9.48 °C más altas que el promedio del ambiente, antes de alcanzar los niveles críticos fatales.

Polígono de tolerancia termal

La zona de tolerancia térmica depende de la temperatura de aclimatación, de las diferencias entre poblaciones, del tamaño de los animales utilizados, de las diferencias geográficas y climáticas entre las poblaciones (Ölçülü et al., 2019). Además, la zona del polígono de tolerancia termal depende de la temperatura de aclimatación, de las diferencias entre especies o poblaciones y del tamaño de los animales utilizados, así como de las diferencias geográficas y climáticas entre poblaciones (Ölçülü et al., 2019). En las postlarvas de *C. caementarius*, la estructura del polígono de tolerancia termal muestra por primera vez la tolerancia extrema a altas y bajas temperaturas donde en la mayor temperatura de aclimatación (30 °C) la TCM_{máx} excede los 38 °C y en la más baja temperatura de aclimatación (19 °C) la TCM_{mín} fue inferior a 10 °C, y el área del polígono de tolerancia termal total fue de 242.25 °C². Similares resultados se informaron en juveniles de *C. quadricarinatus* cuya área de tolerancia termal fue de 225 °C² con temperaturas de aclimatación entre 20 °C a 32 °C (Díaz et al., 2004). En *M. rosenbergii* el área del polígono de tolerancia termal fue de 255 °C² en temperaturas de aclimatación entre 25 °C a 35 °C (Manush et al., 2004), aunque en aclimatación entre 20 °C a 32 °C fue de 821.2 °C² (Díaz et al., 1998). En *M. acanthurus* es de 644 °C² en temperaturas de aclimatación entre 20 a 32 °C (Díaz et al., 2004). En cambio, en la especie de climas fríos como *A. leptodactylus* aclimatados entre 15 °C y 25 °C el polígono de tolerancia térmica se calculó como 364 °C² (Ölçülü et al., 2019). Estos resultados similares a los de otros crustáceos sugieren que las postlarvas del camarón de río *C. caementarius* toleran solo hasta temperaturas de 38 °C y 10 °C, antes de perder el equilibrio y morir, por lo que es necesario tener en cuenta este rango de tolerancia termal en los lugares de cultivo.

La zona intrínseca representa el rango de temperaturas que es independiente de la aclimatación (Beitinger and Bennett, 2000). En este sentido, el área termal intrínseca del polígono de tolerancia termal total de *C. caementarius* fue de 192.40 °C², que representa el 79.42% del nicho termal total, característico de organismos con tolerancia

moderadamente grande, pero al mismo tiempo persevera la capacidad de adquirir tolerancia adicional si es necesario (Fangue and Bennett, 2003). Además, el punto medio dentro de esta zona intrínseca se corresponde con la temperatura de preferencia de 24.5 °C (Reyes et al., 2020) y con el rango de temperatura óptima (24 °C a 28 °C), aunque pueden moverse dentro de los límites de esta zona. La zona de tolerancia adquirida inferior fue mayor (26.55 °C²) que la zona de tolerancia adquirida superior (23.30 °C²), lo que indica una ligera tolerancia al frío en vez que a altas temperaturas. Este comportamiento termal se observa en larvas de *C. caementarius*, cuya exposición a bajas temperaturas no perjudica la supervivencia y la vitalidad, como las altas temperaturas (Reyes et al, 2014). Por consiguiente, los resultados del polígono de tolerancia termal de las postlarvas de *C. caementarius*, demuestran la plasticidad termal para su aplicación en el cultivo y también la capacidad que tendría la especie para hacer frente al cambio climático en un futuro próximo.

En resumen, los parámetros de la tolerancia termal de las postlarvas de *C. caementarius* aclimatadas a diferentes temperaturas, muestran que poseen una típica respuesta de un animal de climas templados, por el incremento de las temperaturas críticas, de la tasa de respuesta a la aclimatación, del intervalo de tolerancia termal, de la capacidad de aclimatación y del margen de seguridad termal. Este es el primer reporte que evalúa el impacto de la temperatura del agua, en este estado ontogenético de la especie de camarón que tendría frente al cambio climático.

VI. CONCLUSIONES

Temperatura óptima

La temperatura óptima para el crecimiento de postlarvas del camarón de río *C. caementarius*, fue de 26 °C por los mayores parámetros de crecimiento, donde la TCE y la GP fueron las más altas (1.33 % día⁻¹ y 81.70 %, respectivamente); mientras que en 30 °C disminuye ($p < 0.05$) el crecimiento.

Las temperaturas entre 19 °C y 30 °C no afectaron ($p > 0.05$) la supervivencia de las postlarvas del camarón de río *C. caementarius* y se mantuvo entre 64 % y 71 %.

Tolerancia termal

El incremento de la temperatura de aclimatación (19 °C a 30 °C) de las postlarvas de *C. caementarius*, aumentó ($p < 0.05$) la TCMáx de 33.82 °C a 38.48 °C y de la TCMín de 9.27 °C a 14.58 °C, cuya CA fue de 4.66 °C y 5.31 °C, respectivamente.

La TRA de las postlarvas de *C. caementarius* incrementó ($p < 0.05$) con la temperatura de aclimatación de 0.06 °C a 0.68 °C para la TCMáx y de 0.33 °C a 1.48 °C para la TCMín.

El ITT de las postlarvas de *C. caementarius* incrementó ($p < 0.05$) con la temperatura de aclimatación de 24.55 °C en aquellos aclimatados a 19 °C hasta 25.48 °C en los aclimatados a 28 °C, pero disminuyó a 23.90 °C cuando se aclimató en 30 °C.

El MST de las postlarvas de *C. caementarius* fue de 12.48 °C para la TCMáx y el MSTF fue de 9.48 °C.

El área del polígono de tolerancia termal total de las postlarvas de *C. caementarius* fue de 242.25 °C², donde la zona de tolerancia adquirida inferior fue mayor (26.55 °C²) que la zona de tolerancia adquirida superior (23.30 °C²).

Las postlarvas de *C. caementarius* poseen una típica respuesta a la tolerancia termal, previa aclimatación, de un animal de climas templados para hacer frente al estrés termal actual y futuro.

VII. RECOMENDACIONES

La tolerancia termal debe experimentarse con otros estados ontogenéticos (juveniles, adultos y reproductores) del camarón *C. caementarius* con la finalidad de conocer la capacidad de respuesta frente al cambio climático que podría suceder en el futuro.

Es conveniente evaluar la tasa de consumo de oxígeno de las postlarvas de *C. caementarius* en las diferentes temperaturas de aclimatación, para determinar el efecto sobre la tasa metabólica y como consecuencia su efecto en la estimulación del crecimiento sin afectar el estado de salud de las postlarvas.

Realizar estudios enfocados en determinar las temperaturas letales en postlarvas de *C. caementarius*, aclimatados a diferentes temperaturas.

Además, se requiere evaluar los parámetros bioquímicos (glucosa, proteínas, ácidos grasos, etc.) de las postlarvas expuestas a diferentes temperaturas del agua, para comprender las reacciones fisiológicas de las postlarvas de *C. caementarius* cuando alcance temperaturas críticas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amsalem, E., & Rilov, G. (2020). High thermal plasticity and vulnerability in extreme environments at the warm distributional edge: the case of a tidepool shrimp. *BioRxiv*, 1–41. <https://doi.org/10.1101/2020.04.25.061424>
- Bahamonde, N., & Vila, I. (1971). Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte. *Biología Pesquera*, 5, 3–60.
- Bahri, T., Barange, M., & Moustahfid, H. (2018). Climate change and aquatic systems. In M. Barange, T. Bahri, M. C. . Beveridge, K. L. Cochrane, S. Funge-Smith, & F. Poulain (Eds.), *Impact of climate change on fisheries and aquaculture. Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* (Vol. 627, pp. 1–17). FAO.
- Beitinger, T. L., Bennett, W. A., & McCauley, R. W. (2000). Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 58(3), 237–275. <https://doi.org/10.1023/A:1007676325825>
- Bennett, W. A., & Beitinger, T. L. (1997). Temperature tolerance of the sheepshead minnow, (*Cyprinodon variegatus*). *Copeia*, 1, 77–87. <https://doi.org/10.2307/1447842>
- Buckley, B.A., Owen, M.E., Hofmann, G.E. 2001. Adjusting the thermostat: the threshold induction temperature for the heat-shock response in intertidal mussels (genus *Mytilus*) changes as a function of thermal history. *J. Exp. Biol.* 204: 3571-3579
- Campos, D. F., Amanajás, R. D., & Almeida-Val, V. M. F. (2021). Climate vulnerability of South American freshwater fish: Thermal tolerance and acclimation. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 1–12. <https://doi.org/10.1002/jez.2452>
- Cano, F., Carrión, S., & Reyes, W. (2014). Efecto de altas densidades de siembra en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) en agua salobre. *Revista Citecsa*, 5(8), 62–78.
- Cereja, R. (2020). Critical thermal maxima in aquatic ectotherms. *Ecological*

Indicators, 119, 106856. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106856>

- Cerezer, C., Leitemperger, J. W., do Amaral, A. M. B., Ferreira, B. C., Marins, A. T., Loro, V. L., Bartholomei-Santos, M. L., & Santos, S. (2020). Raising the water temperature: consequences in behavior and biochemical biomarkers of the freshwater crab *Aegla longirostri* (Crustacea, Anomura). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 45349–45357. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10423-w>
- Claussen, D. L. (1977). Thermal acclimation in ambystomatid salamanders. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Physiology*, 58A, 333–340. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(77\)90150-5](https://doi.org/10.1016/0300-9629(77)90150-5)
- Coyle, S. D., Alston, D. E., & Sampaio, C. M. S. (2010). Nursery systems and management. In M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R. D'Abramo, & M. N. Kutty (Eds.), *Freshwater Prawn. Biology and farming* (pp. 108–126). Wiley-Blackwell Publishing Ltd.
- Dallas, H. F., & Rivers-Moore, N. A. (2012). Critical thermal maxima of aquatic macroinvertebrates: Towards identifying bioindicators of thermal alteration. *Hydrobiologia*, 679(1), 61–76. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0856-4>
- Das, T., Pal, A.K., Chakraborty, S.K., Manush, S.M., Chatterjee, N., Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of Indian major carps acclimated to four temperatures. *J. Therm. Biol.* 29: 157-163.
- Delgado, F., Espinoza, L., Rivera, L. B., & Quispe, C. (2019). Evaluación de post larvas de camarón de río (*Cryphiops caementarius*) en boca del río Sama, Tacna 2015. *Ciencia & Desarrollo*, 18(24), 45–49. <https://doi.org/10.33326/26176033.2019.24.784>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Huey, R. B., Sheldon, K. S., Ghalambor, C. K., Haak, D. C., & Martin, P. R. (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, 105(8), 6668–6672. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709472105>
- Díaz-Herrera, F., Gutiérrez-Morales, P., & Garrido-Mora, A. (1993). Temperatura

- preferida y óptima para el crecimiento de postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae). *Revista de Biología Tropical*, 41(1), 153–155.
- Díaz, F., Re, A. D., Sierra, E., & Amador, G. (2004). Behavioral thermoregulation and critical limits applied to culture of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens). *Freshwater Crayfish*, 14, 90–98.
- Díaz, F., Sierra, E., Bückle, L. F., & Garrido, A. (1998). Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae). *Journal of Thermal Biology*, 23(6), 381–385. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(98\)00029-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(98)00029-1)
- Díaz, F., Sierra, E., Denisse Re, A., & Rodríguez, L. (2002). Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). *Journal of Thermal Biology*, 27(5), 423–428. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(02\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(02)00011-6)
- Elliott, M., & Whitfield, A. K. (2011). Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 94(4), 306–314. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.06.016>
- Eme, J., & Bennett, W. A. (2009). Critical thermal tolerance polygons of tropical marine fishes from Sulawesi, Indonesia. *Journal of Thermal Biology*, 34(5), 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2009.02.005>
- Fangue, N.A., Bennett, W.A., 2003. Thermal tolerance responses of laboratory-acclimated and seasonally acclimatized Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*. *Copeia*, 8511, 315–325. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2003\)003\[0315:TTROLA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2003)003[0315:TTROLA]2.0.CO;2)
- Feldmeth, C., Stone, E.A., Brown, J.H., 1974. An increased scope for thermal tolerance upon acclimating pupfish (Cyprinodon) to cycling temperatures. *J. Comp. Physiol.* 89, 39–44. <https://doi.org/10.1007/BF00696161>
- Fuentes, A., Quezada, L., & Reyes-Avalos, W. (2021). Pigmentación del cuerpo del camarón *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae) con dietas suplementadas con caléndula (*Calendula officinalis*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(1), e18344. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32il.18344>

- García-Guerrero, M., Hernández-Sandoval, P., Orduña-Rojas, J., & Cortés-Jacinto, E. (2013). Effect of temperature on weight increase, survival, and thermal preference of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Hidrobiologica*, 23(1), 73–81.
- Giattina, J. D., & Garton, R. R. (1982). Graphical model of thermoregulatory behavior by fishes with a new measure of eurythermality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(3), 524–528. <https://doi.org/10.1139/f82-074>
- Hernández-Sandoval, P., Díaz-Herrera, F., Díaz-Gaxiola, J. M., Martínez-Valenzuela, C., & García-Guerrero, M. (2018). Effect of temperature on growth, survival, thermal behavior, and critical thermal maximum in the juveniles of *Macrobrachium occidentale* (Holthuis, 1950) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) from Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 38(4), 483–488. <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruy024>
- Hernández, M., Bückle, L. F., & Díaz, F. (1996). Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*. *Journal of Thermal Biology*, 21(2), 139–143. [https://doi.org/10.1016/0306-4565\(95\)00039-9](https://doi.org/10.1016/0306-4565(95)00039-9)
- Hussain, Q. A., & Pandit, A. K. (2012). Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(7), 114–123. <https://doi.org/10.5897/IJFA11.045>
- INRENA. (2007). *Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del río Mala. Inventario de fuentes de agua superficiales* (Ministerio de Agricultura. Volumen I - Memoria Final). <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3891/ANA0002392.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ju-Ngam, T., McMillan, N., Yoshimizu, M., Kasai, H., Wongpanya, R., & Srisapoome, P. (2021). Functional and stress response analysis of heat shock proteins 40 and 90 of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) under temperature and pathogenic bacterial exposure stimuli. *Biomolecules*, 11, 1034. <https://doi.org/10.3390/biom11071034>
- Kelley, A. L. (2014). The role thermal physiology plays in species invasion.

- Conservation Physiology*, 2, 1–14. <https://doi.org/10.1393/conphys/cou045>
- Lagerspetz, K. Y. H., & Vainio, L. A. (2006). Thermal behaviour of crustaceans. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(2), 237–258.
- Madeira, C., Mendonça, V., Leal, M. C., Flores, A. A. V., Cabral, H. N., Diniz, M. S., & Vinagre, C. (2017). Thermal stress, thermal safety margins and acclimation capacity in tropical shallow waters-an experimental approach testing multiple end-points in two common fish. *Ecological Indicators*, 81, 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.050>
- Manush, S. M., Pal, A. K., Chatterjee, N., Das, T., & Mukherjee, S. C. (2004). Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 29(1), 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2003.11.005>
- Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 5, 1–170. <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/234/225>
- Mogollón-Calderón, A., & Reyes-Avalos, W. (2021). Crecimiento y supervivencia de *Cryphiops caementarius* en cocultivo con *Oreochromis niloticus* a diferentes densidades. *Revista MVZ Córdoba*, 26(2), e1952. <https://doi.org/https://doi.org/10.21897/rmvz.1952>
- Montagna, M. C. (2011). Effect of temperature on the survival and growth of freshwater prawns *Macrobrachium borellii* and *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Palaemonidae). *Iheringia - Serie Zoologia*, 101(3), 233–238. <https://doi.org/10.1590/s0073-47212011000200011>
- Morales, M. C., Rivera, M., Meruane, J., Galleguillos, C., & Hosokawa, H. (2006). Morphological characterization of larval stages and first juvenile of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. *Aquaculture*, 261(3), 908–931. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.042>
- Mora, C., Ospína, A.F. 2001. Tolerance to high temperatures and potential impact of sea

- warming on reef fishes of Gorgona Island (tropical eastern Pacific). *Mar. Biol.* 139: 765-769
- Morley, S. A., Peck, L. S., Sunday, J. M., Heiser, S., & Bates, A. E. (2019). Physiological acclimation and persistence of ectothermic species under extreme heat events. *Global Ecology and Biogeography*, 28(7), 1018–1037. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/geb.12911>
- MoscOSO, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú.*, 27(1–2), 8–207. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2190>
- Nazarenko, L., Schmidt, G. A., Miller, R. L., Tausnev, N., Ruedy, M., Russell, G. L., Aleinov, G., Bauer, M., Bauer, S., Bleck, R., Canuto, V., Cheng, Y., Clune, T. L., Del Genio, A. D., Faluvegi, G., Hansen, J. E., Healy, R. J., Kiang, N. Y., Koch, D., ... Zhang, J. (2015). Future climate change under RCP emission scenarios with GISS modelE2. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 7(1), 244–267. <https://doi.org/10.1002/2014MS000403>
- Nelson, D. H., & Hooper, D. K. (1982). Thermal tolerance and preference of the freshwater shrimp *Palaemonetes kadiakensis*. *Journal of Thermal Biology*, 7(3), 183–187. [https://doi.org/10.1016/0306-4565\(82\)90009-2](https://doi.org/10.1016/0306-4565(82)90009-2)
- New, M. B., Valenti, W. C., Tidwell, J. H., D’Abramo, L. R., & Kutty, M. N. (2010). Freshwater prawns. Biology and farming. In M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R. D’Abramo, & M. N. Kutty (Eds.), *Freshwater prawns. Biology and farming*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd.
- Niu, C., Lee, D., Goshima, S., & Nakao, S. (2003). Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) postlarvae. *Aquaculture Research*, 34(6), 501–506. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00845.x>
- Ölçülü, A., Kumlu, M., Yilmaz, H. A., & Eroldoğan, O. T. (2019). Thermal tolerance of Turkish crayfish (*Astacus leptodactylus*) acclimated to three different temperatures. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 5(1), 1–5. <https://doi.org/10.17216/limnofish.422903>

- Padilla-Ramírez, S., Díaz, F., Re, A. D., Galindo-Sanchez, C. E., Sanchez-Lizarraga, A. L., Nuñez-Moreno, L. A., Moreno-Sierra, D., Paschke, K., & Rosas, C. (2015). The effects of thermal acclimation on the behavior, thermal tolerance, and respiratory metabolism in a crab inhabiting a wide range of thermal habitats (*Cancer antennarius* Stimpson, 1856, the red shore crab). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 48(2), 89–101. <https://doi.org/10.1080/10236244.2015.1019212>
- Paschke, K., Cumillaf, J.P., Chimal, M.E., Díaz, F., Gebauer, P., Rosas, C., 2013. Relationship between age and thermoregulatory behaviour of *Lithodes santolla* (Molina, 1782) (Decapoda, Lithodidae) juveniles. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, 448, 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.06.018>
- Payette, A.L., McGraw, I.J. 2003. Thermoregulatory behavior of the crayfish *Procambarus clarkii* in a burrow environment. *Comp. Biochem. Physiol.* 136A: 539- 556.
- Peck, LL. S., Morley, S. A., Richard, R. and Clark, M. S. Acclimation and thermal tolerance in Antarctic marine ectotherms. *Journal of Experimental Biology*. 2014, 217: 16-22
- Polsuwan, A., & Damrongphol, P. (2020). Induction of heat shock protein 70 gene expression in early life stages of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 93(2), 199–213. <https://doi.org/10.1163/15685403-bja10003>
- Pörtner, H.-O., Dupont, S., Melzner, F., Storch, D., Thorndyke, M., 2010. Studies of metabolic rate and the other characters across life stages, in: Riebesell, U., Fabry, V.J., Hansson, L., Gattuso, J.P. (Eds.), *Guides to Best Practices for Ocean Acidification Research and Data Reporting*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, pp. 167–180.
- PRODUCE. (2020). *Anuario estadístico pesquero y Acuícola 2019*. Ministerio de la Producción del Perú. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>

- Reyes, W., Lujan, H., Moreno, L., (2014). Efecto del shock termico en la vitalidad de larvas de *Cryphiops caementarius* (Decapodo, Palaemoidae). *The Biologist*, 12(2), 233 - 235.
- Reyes-Avalos, W. (2016). Effect of culture container on the survival and growth of male *Cryphiops caementarius* in individualized systems. *Revista Bio Ciencias*, 3(4), 311–325. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.04.06>
- Reyes-Avalos, W., Melgarejo, G., Yzásiga, C., & Ferrer, K. (2020). Preferencia termal de machos adultos de *Cryphiops caementarius* previamente aclimatados a diferentes temperaturas. *Revista Peruana de Biología*, 27(3), 375–382. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i3.17262>
- Reyes, W., Campoverde, L., Ferrer, K., & Sernaqué, J. (2020). Preferencia termal de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* previamente aclimatados a diferentes temperaturas. *Revista Ecosistemas*, 29(1), 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.7818/ECOS.1802>
- Rodríguez-Aguilera, A., & García-Araya, A. (2010). Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y sobrevivencia del camarón de río del sur (*Samastacus spinifrons*, Phillipi 1992) en su etapa juvenil. *AquaTIC*, 32, 7–21.
- Rodríguez-Fuentes, G., Murúa-Castillo, M., Díaz, F., Rosas, C., Caamal-Monsreal, C., Sánchez, A., Paschke, K., & Pascual, C. (2017). Ecophysiological biomarkers defining the thermal biology of the Caribbean lobster *Panulirus argus*. *Ecological Indicators*, 78, 192–204. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.011>
- Rodríguez, R., Lazareno, M., Espinosa, L. D., Basto, M. E. R., & Vega, F. (2012). Temperatura óptima y preferencia térmica del camarón de río *Macrobrachium tenellum* en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(2), 121–130.
- Selvakumar, S., & Geraldine, P. (2005). Heat shock protein induction in the freshwater prawn *Macrobrachium malcolmsonii*: Acclimation-influenced variations in the induction temperatures for Hsp70. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, 140(2), 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.01.008>

- SENAMHI, 2021. Climas del Perú. Mapa de clasificación climática nacional, Ministerio del Ambiente. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi Proyecto Apoyo a la Gestión del Cambio Climático. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Srivastava, P. (2002). Roles of heat-shock proteins in innate and adaptive immunity. *Nature Reviews Immunology*, 2, 185-194.
- Storey, K.B. y Storey, J.M. (2011). Heat shock proteins and hypometabolism: adaptive strategy for proteome preservation. *Research and Reports in Biology*, 2, 57– 68
- Teplot, C. K., & Somero, G. N. (2014). Master of all trades: thermal acclimation and adaptation of cardiac function in a broadly distributed marine invasive species, the European green crab, *Carcinus maenas*. *The Journal of Experimental Biology*, 217, 1129–1138. <https://doi.org/10.1242/jeb.093849>
- Tongnunui, S., & Beamish, F. .-H. (2017). Critical thermal maximum, temperature acclimation and climate effects thai freshwater fishes. *Environment Asia*, 10(1), 109–117.
- Uribe, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. In *Documento de Proyecto. CEPAL-UE-CEPAL*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/1/S1501295_es.pdf
- Vega-Villasante, F., Martínez-López, E. A., Espinosa-Chaurand, L. D., Cortés-Lara, M. C., & Nolasco-Soria, H. (2011). Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 581–588.
- Verberka W., Overgaard J., Ern R., Bayley M., Wang T., Boardman L., Terblanche J. (2016). Does oxygen limit thermal tolerance in arthropods? A critical review of current evidence. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 192: 64-78. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2015.10.020>
- Viacava, M., Aitken, R., & Llanos, J. (1978). Estudio del camarón en el Perú 1975-1976. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 3(5), 162–232.

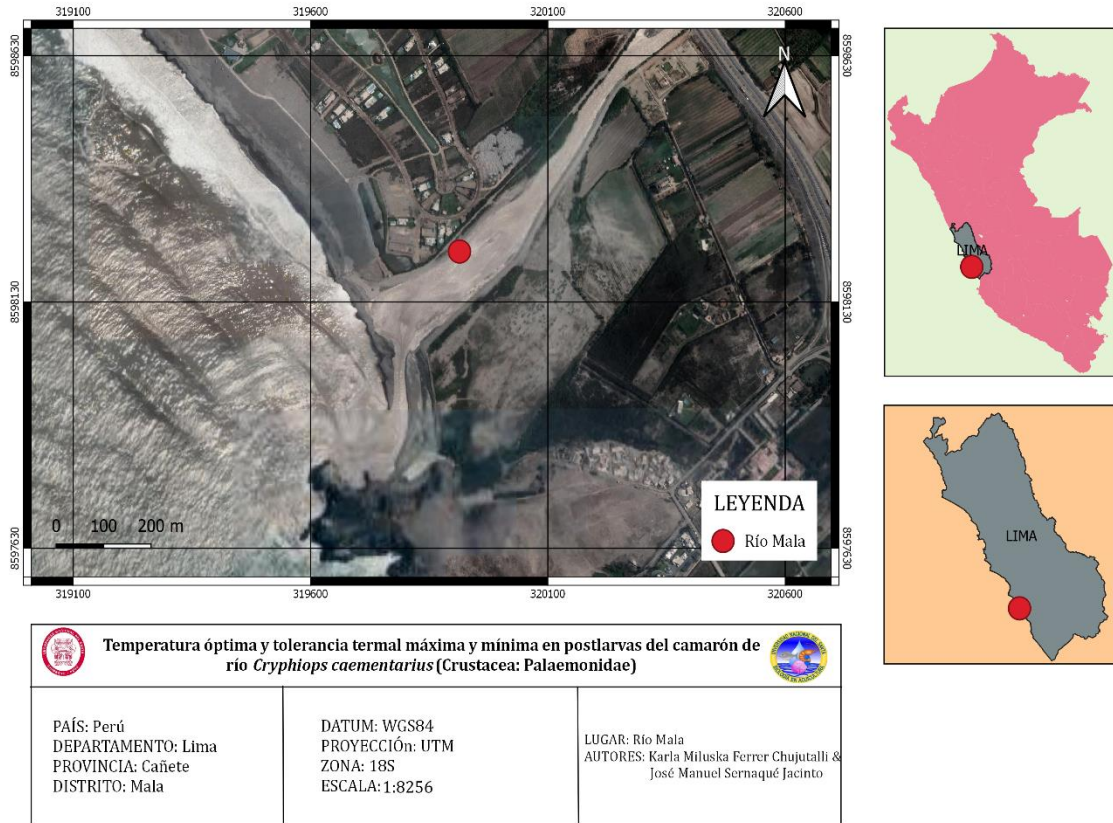
- Vinagre, C., Dias, M., Cereja, R., Abreu-Afonso, F., & Flores, A. A. V. (2019). Upper thermal limits and warming safety margins of coastal marine species - Indicator baseline for future reference. *Ecological Indicators*, *102*, 644–649. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.03.030>
- Vinagre, C., Mendonça, V., Cereja, R., Abreu-Afonso, F., Dias, M., Mizrahi, D., & Flores, A. A. V. (2018). Ecological traps in shallow coastal waters-potential effect of heat-waves in tropical and temperate organisms. *PLoS ONE*, *13*(2), e0192700.
- Wasiw, J., & Yépez, V. (2015). Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *26*(2), 166–181. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11103>
- Wasiw, J., & Yépez, V. (2017). Evolución de la condición poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en el río Cañete (2000-2015). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *28*(1), 13. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12942>
- Westhoff, J. T., & Rosenberger, A. E. (2016). A global review of freshwater crayfish temperature tolerance, preference, and optimal growth. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *26*(3), 329–349. <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9430-5>
- Woodward, G., Perkins, D. M., & Brown, L. E. (2010). Climate change and freshwater ecosystems: Impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *365*(1549), 2093–2106. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0055>
- Wu, Y., Yu, X., Suo, N., Bai, H., Ke, Q., Chen, J., Pan, Y., Zheng, W., Xu, P., 2022. Thermal tolerance , safety margins and acclimation capacity assessments reveal the climate vulnerability of large yellow croaker aquaculture. *Aquaculture*, *561*, 738665. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738665>
- Zacarías, S., & Yépez, V. (2015). Camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en la costa centro-sur del Perú, 2007. *Informe del Instituto del Mar del Perú*, *42*(3), 398–415.
- Zhang, Y., Ye, C., Wang, A., Zhu, X., Chen, C., Xian, J., Sun, Z., 2015. Isolated and combined exposure to ammonia and nitrite in giant freshwater pawn

(*Macrobrachium rosenbergii*): effects on the oxidative stress, antioxidant enzymatic activities and apoptosis in haemocytes. *Ecotoxicology*, 24, 1601–1610. <https://doi.org/10.1007/s10646-015-1477-x>

Zúñiga, O., Ramos, R., 1990. Tasa respiratoria de *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae): Explicación de la migración juvenil. *Biología Pesquera*, 19, 19–25.

ANEXOS

Anexo 1. Lugar de captura de postlarvas de *C. caementarius*, en la desembocadura del río Mala (Lima – Perú).



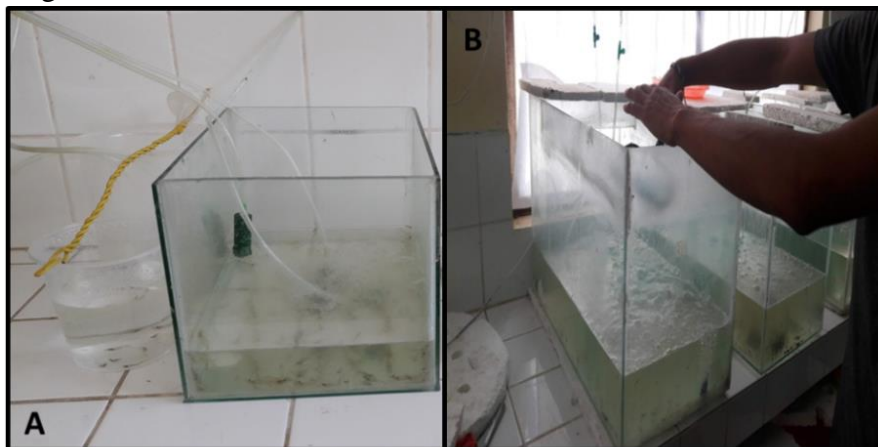
Anexo 2. A) Extracción de post larvas de *C. caementarius* y B) Aclimatación de post larvas de *C. caementarius*, en la desembocadura del río Mala.



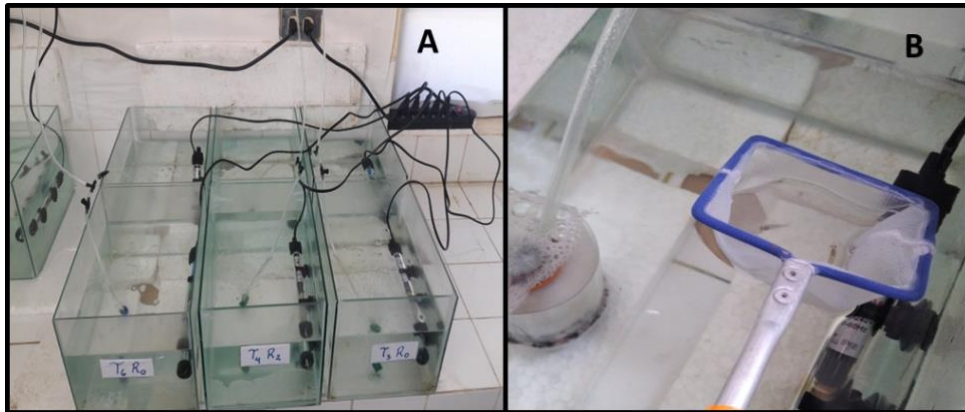
Anexo 3. A) Sistema de transporte de postlarvas de *C. caementarius* en baldes y bolsas plásticas de 10 L.



Anexo 4. A) Aclimatación de postlarvas de *C. caementarius* en el laboratorio. B) Recambio de agua.



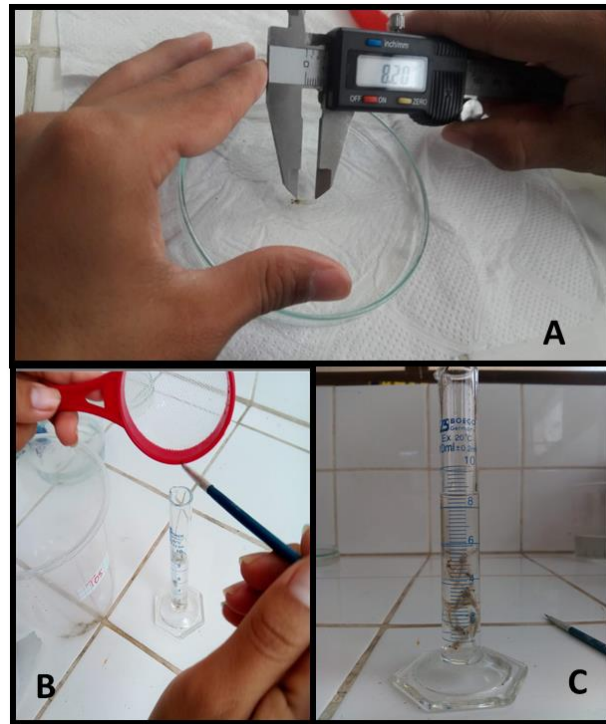
Anexo 5. A) Sistema de cultivo de postlarvas de *C. caementarius*. B) filtros biológicos



Anexo 6. Alimento balanceado para postlarvas de *C. caementarius*.



Anexo 7. Muestreo biométrico A) Uso de vernier digital para medir longitud total. B) Disposición de las postlarvas. C) Método volumétrico para pesado de postlarvas de *C. caementarius*.





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Karla Ferrer Chujutalli
Título del ejercicio: Redacción de manuscritos
Título de la entrega: Temperatura óptima y tolerancia termal máxima y mínima e...
Nombre del archivo: Informe_Tesis_Temperatura_-_Para_sustentar.doc
Tamaño del archivo: 6.36M
Total páginas: 37
Total de palabras: 11,088
Total de caracteres: 60,742
Fecha de entrega: 21-ago.-2022 02:09p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1885062866

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Temperatura óptima y tolerancia termal máxima y mínima en postlarvas
del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae)

Tesis para optar el Título de
BIÓLOGO ACUICULTOR

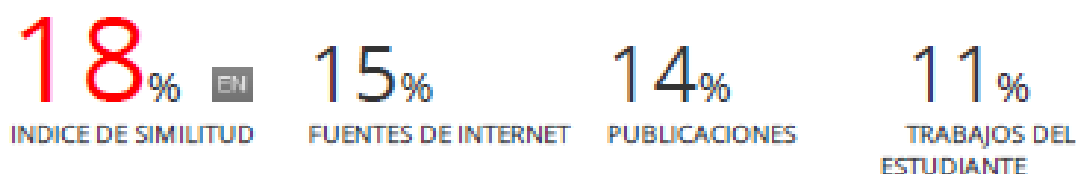
Autores: Br. KARLA MILUSKA FERRER CHUJUTALLI
Br. JOSÉ MANUEL SERNAQUÉ JACINTO

Asesor: Dr. WALTER EDUARDO REYES AVALOS

Nuevo Chimbote – Perú
2022

Temperatura óptima y tolerancia termal máxima y mínima en postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae)

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to University of Southampton Trabajo del estudiante	1%
2	cyberleninka.org Fuente de Internet	1%
3	repository.ubn.ru.nl Fuente de Internet	1%
4	Submitted to University of West Georgia Trabajo del estudiante	1%
5	Jason S. Sadowski, Julie A. Gonzalez, Steve I. Lonhart, Rikke Jeppesen, Tracy M. Grimes, Edwin D. Grosholz. "Temperature - induced range expansion of a subtropical crab along the California coast", Marine Ecology, 2018 Publicación	1%
6	Submitted to Chester College of Higher Education Trabajo del estudiante	1%
