

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



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**Efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón macho *Macrobrachium caementarius***

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

**Autores**

**Bach. Mimbela Ipanaque, Richar Hibrahin**

**Bach. Narváez Rodríguez, Dayane Kimberly**

**Asesor**

**Dr. Reyes Avalos, Walter Eduardo**

**DNI: 17878579**

**ORCID: 0000-0002-4277-9521**

Nuevo Chimbote – Perú

2025

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



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**Efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón macho *Macrobrachium caementarius***

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

**Autores**

**Bach. Mimbela Ipanaque, Richar Hibrahin**

**Bach. Narváez Rodríguez, Dayane Kimberly**

**REVISADO Y APROBADO POR EL ASESOR**

---

**Dr. Reyes Avalos, Walter Eduardo**

**DNI: 17878579**

**ORCID: 0000-0002-4277-9521**

**Nuevo Chimbote – Perú**

**2025**

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



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**Efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón macho *Macrobrachium caementarius***

**Sustentado por**

**Bach. Mimbela Ipanaque, Richar Hibrain**

**Bach. Narváez Rodríguez, Dayane Kimberly**

**Jurado evaluador**

**Dr. Saldaña-Rojas, Guillermo Belisario**  
**DNI: 18114311**  
**ORCID: 0000-0003-4877-1165**  
**Presidente**

**Ms. Carhuapoma Garay, Juan**  
**DNI: 33264920**  
**ORCID: 0000-0002-2708-8140**  
**Secretario**

**Dr. Reyes Avalos, Walter Eduardo**  
**DNI: 17878579**  
**ORCID: 0000-0002-4277-9521**  
**Integrante**

# ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

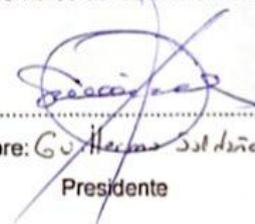
En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el laboratorio Acuicultura Continental y nutrición, siendo las 19:00 horas del día 29 de Mayo 2025, dando cumplimiento a la Resolución N° 115-2025-UNS-FG, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Dr. Guillermo Saldana Rojas, teniendo como miembros a M.ª Julia M. Carhuapoma Gray (secretario) (a), y Dr. Walter Rojas Avila (integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Bachaco Acuicultura realizado por el, (la), (los) tesista (as) RICHAR HIBRAHIN MIMBELA IPANAJE

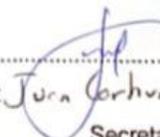
....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: "Efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (Arthrospira platensis) sobre el crecimiento, coloración y composición química del Musculo del camarón (Litopenaeus setiferus)"

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s 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 pertinentes, declara la sustentación como Aprobado asignándole un calificativo de Excelente (19) puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU.-R-UNS).

Siendo las 20:10 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

  
Nombre: Guillermo Saldana Rojas  
Presidente

  
Nombre: Julia M. Carhuapoma Gray  
Secretario

  
Nombre: Walter Rojas Avila  
Integrante

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



# ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

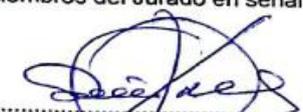
En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio Acuicultura Continentales y mariseras, siendo las 19:00 horas del día 29 de Mayo 2025, dando cumplimiento a la Resolución N° 115-0025-UNS.FC, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Dr. Guillermo Saldaña Rojas, teniendo como miembros a Juan Carlos Gossy (secretario) (a), y Dr. Walter Rojas Avila (integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor, realizado por el, (la), (los) tesista (as) DAYANE KIMBERLY NARVAEZ RODRIGUEZ

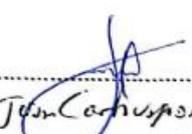
quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: "Efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de *Spiculina* (*Arthrospira platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón *Crypheops caementarius*"

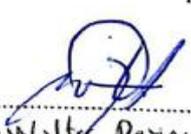
Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Aprobado asignándole un calificativo de Excelente (19) puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU.-R-UNS).

Siendo las 19:55 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

  
Nombre: Dr. Guillermo Saldaña Rojas  
Presidente

  
Nombre: Juan Carlos Gossy  
Secretario

  
Nombre: Walter Rojas Avila  
Integrante

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





## 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: **Mimbela Ipanaque, Richar Hibrahin Narváez Rodríguez, Da...**  
Título del ejercicio: **Informe de tesis**  
Título de la entrega: **Efecto del reemplazo de la harina de pescado por Arthrospir...**  
Nombre del archivo: **Informe\_tesis\_Arthrospira\_-**  
Tamaño del archivo: **FINAL\_8\_corregido\_para\_jurado.do...**  
Total páginas: **48**  
Total de palabras: **12,412**  
Total de caracteres: **70,360**  
Fecha de entrega: **12-jun.-2025 11:30p. m. (UTC+0200)**  
Identificador de la entrega: **2697832159**



Efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón macho *Macrobrachium caementarius*

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="http://www.revistas.unitru.edu.pe">www.revistas.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://go.gale.com">go.gale.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://bdigital.zamorano.edu">bdigital.zamorano.edu</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe">revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repositorioinstitucional.uabc.mx">repositorioinstitucional.uabc.mx</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	<1%
10	Jazmín Arleth Cosain-Díaz, José de Jesús Adolfo Tortolero-Langarica, Alma Paola Rodríguez-Troncoso, Eric Bautista-Guerrero et al. "Bioerosión interna en corales masivos asociados a las comunidades arrecifales del Pacífico nororiental tropical: Efecto de	<1%

## DEDICATORIA

A Dios, quien me ha brindado fuerza, sabiduría y resiliencia en casa paso de este camino académico. A mi familia, en especial a mi tía Roxana, por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante. Y a mi abuelita Victoria, aunque estés en el cielo, tu legado de perseverancia y sacrificio continúa inspirándome cada día. Este logro también es tuyo, desde el cielo eres esa luz que me da fuerzas para continuar. También a mi pareja y compañero de tesis, por su paciencia y consejos durante este proceso, cada día demostramos que somos un buen equipo.

Dayane Narvaez

A Dios por ser la base de mi familia, por ser la luz de mi camino, por su infinita sabiduría y amor, a mis padres por ser la fortaleza en mis momentos afligidos, por sus sabios consejos y su paciencia. A mis hermanos por su sacrificio para que los más pequeños podamos estudiar. A mis sobrinos porque con cada ocurrencia llenan de alegría a la familia. También a mi pareja y compañera de tesis, porque juntos somos un buen equipo. A mi papito Félix por abrirme las puertas de su hogar y brindarme su cariño. Esta tesis es un tributo a estas personas que creyeron en mi a lo largo de este viaje académico, este logro es de todos nosotros.

Richar Mimbela

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro asesor, Dr. Walter Reyes Avalos por brindarnos su tiempo de enseñanza, asesoría, consejos, recomendaciones y apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

A todos nuestros docentes de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura que nos formaron académicamente durante estos años de estudios para ser buenos profesionales., pero, en especial a la profesora Gladis Melgarejo por su paciencia y enseñanzas en este proceso de nuestro trabajo de investigación.

A nuestros compañeros Bryan y Franco, gracias por su amistad, apoyo y consejos brindado durante la ejecución de este proyecto.

A los técnicos de laboratorio, Marybel Astete y Oscar Chauca, por tener la disponibilidad y amabilidad al facilitarnos los materiales para realizar nuestro trabajo.

Así mismo, a nuestra Universidad Nacional del Santa por permitirnos hacer uso de la infraestructura y de los equipos del Laboratorio de la Facultad de Ciencias y llevar a cabo la presente tesis.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
I. INTRODUCCIÓN .....	16
Problema .....	18
Hipótesis .....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos .....	18
II. MARCO TEÓRICO .....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Transporte y aclimatación de camarones .....	22
Elaboración de dietas .....	22
Sistema de cultivo .....	24
Crecimiento y supervivencia .....	25
Índices organosomáticos.....	25
Cromatóforos epidérmicos.....	26
Coloración del cuerpo.....	27
Análisis proximal de dietas y músculo del camarón.....	27
Calidad del agua.....	27
Análisis estadístico .....	27
IV. RESULTADOS .....	29
Crecimiento, supervivencia y utilización de alimento.....	29
Índices organosomáticos.....	29
Cromatóforos epidérmicos.....	30
Coloración del cuerpo de los camarones .....	30
Composición química del músculo del camarón .....	31
Calidad del agua.....	32
V. DISCUSIÓN .....	33
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES .....	38
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición porcentual del análisis del polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ).	22
<b>Tabla 2.</b> Composición porcentual, proximal y características físicas y organolépticas de dietas con diferentes porcentajes de sustitución de la harina de pescado con polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> )	23
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de crecimiento en peso, supervivencia y utilización de alimento (media $\pm$ desviación estándar) de <i>M. caementarius</i> alimentado con dietas con diferentes proporciones de polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ), durante 90 días.	29
<b>Tabla 4.</b> Índices organosomáticos (media $\pm$ desviación estándar) de <i>M. caementarius</i> alimentado con dietas con diferentes proporciones de polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ), durante 90 días.	30
<b>Tabla 5.</b> Número, índice, coeficiente y color de cromatóforos (media $\pm$ desviación estándar) de <i>M. caementarius</i> alimentado con dietas con diferentes proporciones de polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ), durante 90 días.	30
<b>Tabla 6.</b> Composición químico proximal del músculo del camarón <i>M. caementarius</i> alimentado con diferentes proporciones de polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ).	32
<b>Tabla 7.</b> Parámetros de calidad del agua (media $\pm$ desviación estándar) de cultivo de <i>M. caementarius</i> alimentados con dietas de diferentes proporciones de polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ).	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Aclimatación de *M. caementarius* el laboratorio en vasos de plástico agujereados dentro de acuarios. 22
- Figura 2.** Sistema de tanques de fibra de vidrio para el cultivo del camarón *M. caementarius*. 24
- Figura 3.** a) Índice del estado de dispersión de pigmentos de cromatóforos de *M. caementarius*. b) Índice de melanóforo de la rana *Xenopus laevis*, según (Hogben et al., 1931), siendo el estado 1 pequeño y con pigmento concentrado en el cromatóforo, hasta el estado 5 que es grande y con pigmento completamente disperso en el cromatóforo estrellado. 26
- Figura 4.** Camarón *M. caementarius* alimentado con las dietas Ap0, Ap25, Ap50 y Ap75. (a) Cromatóforos epidérmicos de la zona dorsal y central del segundo segmento abdominal, observado en camarones vivos con microscopio a 4X. (b) Color del cuerpo después de la cocción. (c) RGB promedio del cefalotórax y abdomen, y los rectángulos representan el tono del color según los valores RGB. (d) Índice de color (IColor). 31
- Figura 5.** Valor RGB (media  $\pm$  desviación estándar) del cefalotórax (a) y del abdomen (b) del cuerpo del camarón *M. caementarius*. 31

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1.</b> Procedimiento para calcular los índices organosomáticos, mediante disección de hepatopáncreas y músculo del abdomen <i>M. caementarius</i> .	51
<b>Anexo 2.</b> Procedimiento para captura de imágenes digitales del cuerpo de <i>M. caementarius</i> .	51
<b>Anexo 3.</b> Composición químico proximal del músculo del camarón <i>M. caementarius</i> alimentado con diferentes proporciones de polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ).	52
<b>Anexo 4.</b> Composición química de Spirulina ( <i>A. platensis</i> ).	52

## RESUMEN

La harina de microalgas posee alto contenido de nutrientes y pigmentos los cuales son utilizados en especies acuáticas. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón *Macrobrachium caementarius*. Los camarones machos fueron colectados del río Samanco (Áncash-Perú) y se aclimataron en el laboratorio durante una semana. Los camarones fueron cultivados durante tres meses en sistema de recipientes individuales instalados dentro de 12 tanques de 100 L. La harina de pescado de la dieta control fue reemplazada con 25, 50 y 75% de polvo de Spirulina y cada dieta tuvo tres repeticiones. Las dietas con polvo de Spirulina no afectó el crecimiento ni la supervivencia ( $P > 0.05$ ), no obstante, con la dieta con 50 % de Spirulina hubo ligero incremento de los parámetros de crecimiento, de utilización de alimento y en los índices organosomáticos. El color del cuerpo, según los valores RGB, fue de una tonalidad amarillo-anaranjado con las dietas con 25% de polvo de Spirulina, y rojo-anaranjado con 50% y 75% de polvo de Spirulina. El número, índice y coeficiente de cromatóforos, fue mayor ( $P < 0.05$ ) con la dieta con 75% de Spirulina. Las dietas con 50% y 75% de Spirulina ocasionaron mayor acumulación de proteínas, pero menos lípidos en el músculo del camarón. En conclusión, el polvo de Spirulina no afecta el crecimiento ni la supervivencia, pero se mejora la coloración y la composición química del músculo del camarón.

**Palabras clave:** polvo de microalgas, carotenoides, cromatóforos, nutrición.

## ABSTRACT

Microalgae meal has a high content of nutrients and pigments, which are used in aquatic species. The objective of this study was to evaluate the effect of replacing fish meal with Spirulina powder (*Arthrospira platensis*) on the growth, coloration, and chemical composition of the muscle of the shrimp *Macrobrachium caementarius*. Male prawn was collected from the Samanco River (Ancash, Peru) and acclimated in the laboratory for one week. Prawns were cultured for three months in individual container systems installed inside 12 100-L tanks. Fish meal in the control diet was replaced with 25, 50, and 75% Spirulina powder, and each diet had three replicates. Diets with Spirulina powder did not affect growth or survival ( $P > 0.05$ ); however, the diet with 50% Spirulina showed a slight increase in growth parameters, feed utilization, and organosomatic indices. Body color, according to RGB values, was yellowish-orange in the 25% Spirulina powder diets, and reddish-orange in the 50% and 75% Spirulina powder diets. The chromatophore number, index, and coefficient were higher ( $P < 0.05$ ) in the 75% Spirulina diet. Diets with 50% and 75% Spirulina resulted in greater protein accumulation but less lipid accumulation in shrimp muscle. In conclusion, Spirulina powder did not affect growth or survival, but improved the coloration and chemical composition of shrimp muscle.

**Keywords:** microalgae powder, carotenoids, chromatophores, nutrition.

## I. INTRODUCCIÓN

El camarón *Macrobrachium caementarius* se distribuye en los ríos de Perú y Chile (Moscoso, 2012), pero mayor densidad poblacional existe en los ríos del sur de Perú (Pinazo et al., 2020) cuya extracción al 2019 fue de 1124 t (PRODUCE, 2020). Esta especie presenta marcado dimorfismo sexual, donde los machos son más grandes que las hembras (Wasiw & Yépez, 2017), cuyo músculo abdominal posee mayor contenido de proteína, cenizas, y lípidos totales (Moreno-Reyes et al., 2015), así como de carotenoides (Fuentes et al., 2021). Las investigaciones en nutrición con la especie de camarón se refieren a dietas para mejorar el crecimiento mediante el uso de dietas con levadura (Cornejo et al., 2015), lecitina de soya (Acosta et al., 2018), ensilados biológicos (Terrones & Reyes, 2018; Gallardo-Carril & Reyes-Avalos, 2020), así como para mantener el color del cuerpo del animal con paprika (Díaz et al., 2020) y caléndula (Fuentes et al., 2021).

Los mayores consumidores de harina de pescado son los camarones con el 27.2% del total de la harina de pescado (HP) utilizada en alimentos acuícolas, seguidos por los peces marinos con el 18.8% y el salmón con el 13.7% (Tacon & Metian, 2015). El alimento es un rubro importante en la producción del camarón porque representa entre el 40% y 60% de los costos variables (Sarman et al., 2018). La HP es el insumo preferencial para las dietas de peces y camarones (Ríos et al., 2021), por su contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos altamente insaturados, vitaminas, minerales, entre otros (Gallardo-Carril & Reyes-Avalos, 2020; Ansari et al., 2021; Li et al., 2022). La calidad de la HP se debe al alto contenido de proteínas (70-80%) y lípidos (8-10%) (Moscoso-Muñoz et al., 2020). Sin embargo, la producción mundial de HP está disminuyendo en los últimos años (Naylor et al., 2021), lo cual contribuye al incremento del precio de la HP (Dawood, 2021). Ante esta situación hay múltiples alternativas para reemplazar a la HP, como por ejemplo el uso de harina de *Tenebrio molitor* (Alvan-Aguilar et al., 2023), gluten de maíz (Carrillo et al., 2018), harina de larva de mosca (Perez-Velasquez et al., 2023), entre otras.

La harina de microalgas en las dietas mejora el crecimiento, la eficiencia alimentaria y ganancia en peso de los crustáceos (Pakravan et al., 2017; Gonzales-Meza et al., 2022), debido a que tienen un gran potencial en la acuicultura, por el alto contenido de proteínas, lípidos y por un apropiado perfil de ácidos grasos esenciales (Apandi et al., 2019) y de carotenoides necesarios para mantener el color de los crustáceos y funcionan también como antioxidantes naturales (Tan et al., 2020). Los crustáceos no tienen la capacidad de sintetizar carotenoides por lo que deben ingerir con los alimentos (Pereira da Costa & Campos, 2019),

para mantener e incrementar el color de los animales cultivados en cautiverio (Fuentes et al., 2021).

El color del cuerpo de los crustáceos cultivados puede mejorarse con el uso de pigmentos naturales en la dieta (Fuentes et al., 2021), con el color del fondo del cultivo, la cantidad y calidad de la luz (Lin et al, 2023), lo cual induce a la expansión y contracción de pigmentos dentro de los cromatóforos (Tomas et al, 2019). Pero también existe otra variedad de factores que afectan la cantidad y distribución de carotenoides, por ejemplo, embriogénesis, ciclo sexual, muda y control hormonal (Terrones & Reyes. 2022). Cabe mencionar el color que presenta el camarón frecuentemente determinara su valor en el mercado (Lim et al, 2018), colores más oscuros en langostinos dan un color naranja brillante después de cocinarlos, lo que significa fresca con precios más altos en el mercado (Shukla et al., 2023), que otorga alta calidad nutricional para especies de la acuicultura (Han et al., 2019).

Las microalgas representan una fuente de colorantes alimentarios naturales (Luna-Vivaldo et al., 2024) en especial las microalgas marinas que brindan un color más expresivo que aquellas de agua dulce (Gomes et al., 2012), sus principales aplicaciones en la acuicultura están asociadas a la nutrición o como aditivo alimentario para colorear la carne (Ansari et al., 2021). Dentro de las microalgas utilizadas están, *Chorella vulgaris* (Ahmad et al., 2020; Li et al., 2022), *Haematococcus pluvialis* y *Arthrospira platensis* (Luna-Vivaldo et al., 2024), *C. menegheniana* (Abdel-Moez et al., 2024).

El uso de harina de microalgas con alto contenido de proteínas para reemplazar a la HP por Spirulina (*A. platensis*) se han realizado en diversos crustáceos como *M. rosenbergii* (Radhakrishnan et al., 2014, 2016), *Penaeus vannamei* (Zidan et al., 2021; Li et al., 2022), *Neocaridina davidi* (Kohal et al., 2018), entre otros. En *M. rosenbergii*, la inclusión de harina de *C. vulgaris* en la dieta ocasiona mejor desempeño en parámetros de crecimiento, coloración y composición química del músculo en camarones (Radhakrishnan et al., 2015). Sin embargo, no se han realizado trabajos con polvo de Spirulina (*A. platensis*) en el alimento para *M. caementarius*. Por lo tanto, con este trabajo se pretende obtener una alternativa de alimento que permita no solo mejorar el crecimiento y el color del cuerpo sino también elevar la composición química del músculo del camarón.

## **Problema**

¿Cuál es el efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*A. platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón macho *M. caementarius*?

## **Hipótesis**

Si, se reemplaza la harina de pescado con 25, 50 y 75% de polvo de Spirulina (*A. platensis*) en la dieta, se logra mayor crecimiento, se mejora la coloración y se incrementa la composición química del músculo de *M. caementarius* macho con la dieta de 50% de polvo de Spirulina (*A. platensis*) en reemplazo de la harina de pescado.

## **Objetivo general**

Evaluar el efecto del reemplazo de la harina de pescado por polvo de Spirulina (*A. platensis*) sobre el crecimiento, coloración y composición química del músculo del camarón macho *M. caementarius*.

## **Objetivos específicos**

- Determinar el efecto del reemplazo de la harina de pescado por Spirulina (*A. platensis*) sobre el crecimiento del camarón macho *M. caementarius*.
- Estimar el efecto del reemplazo de la harina de pescado por Spirulina (*A. platensis*) sobre la coloración del camarón macho *M. caementarius*.
- Determinar el efecto del reemplazo de la harina de pescado por Spirulina (*A. platensis*) sobre la composición química del músculo del camarón macho *M. caementarius*.

## II. MARCO TEÓRICO

La cianobacteria *A. platensis* es utilizada como aditivo en acuicultura debido a su alto contenido de proteínas (55-70%), carbohidratos, minerales, ácidos grasos, vitaminas y pigmentos como clorofilas, carotenoides y ficobiliproteínas (Kohal et al. 2018, Yudiati et al., 2021). Además, esta microalga posee una pared celular muy frágil que requiere solo molienda manual para liberar los componentes nutricionales, en relación con las microalgas verdes que poseen paredes celulares más gruesas (Safi et al., 2014).

En *M. rosenbergii*, el reemplazo parcial de HP hasta con 50% de *A. platensis* mejora la tasa de alimentación, absorción y conversión alimenticia (Radhakrishnan et al., 2016). En *P. monodon* con una baja tasa de reemplazo de la HP con 5% de *Spirulina* sp. se obtuvieron mayores tasas de crecimiento específico, alta eficiencia proteica y bajo índice de conversión alimenticia (Natesan et al., 2014).

*Arthrospira platensis* puede contribuir en el crecimiento de *P. vannamei* (Macias-Sancho et al., 2017). Con un 10% de *Spirulina* en la dieta mejora el crecimiento y utilización del alimento (Zidan et al., 2021). Además, después de 30 días de alimentado con harina de microalgas en la dieta hay un crecimiento significativo (Kohal et al., 2018; Situmorang et al., 2021).

En juveniles de *P. schmitti* y *P. monodon* inclusión del 5% de harina de *S. platensis* mejora la atractabilidad del alimento (Jaime-Ceballos et al., 2007; Natesan et al., 2014), y en *M. rosenbergii*, la *A. platensis* en la dieta mejora el consumo de alimento (Radhakrishnan et al., 2016). El camarón blanco *P. vannamei* acepta dietas con hasta el 30 % de harina de microalgas, en cambio cuando se utiliza 40% en la dieta, la ingesta de alimento comienza a reducirse, causa mala palatabilidad y provoca bajo rendimiento en el crecimiento (Shapawi et al., 2017; Basri et al., 2015). El exceso de microalgas en las dietas provoca baja digestibilidad debido a la estructura química compleja (Shapawi et al., 2017). La palatabilidad de una dieta reduce el tiempo en que los camarones localizan el alimento, evita la lixiviación de nutrientes y la pérdida de alimento (Tantikitti, 2014).

La inclusión de 5% de *Spirulina* sp. en la dieta de *P. monodon* aumenta el peso corporal y la tasa de supervivencia (Natesan et al., 2014). Asimismo, el reemplazo del 50% de HP por la harina de *A. platensis* y de *C. vulgaris* en la dieta se mejora el crecimiento, la supervivencia y la actividad enzimática de *M. rosenbergii* (Radhakrishnan et al., 2016). De igual manera sucede en *P. monodon* donde el reemplazo de harina *A. platensis* hasta un 50%

proporciona una nutrición equilibrada y mejora la fisiología de los camarones para promover el crecimiento y mantener alta supervivencia (Sivakumar et al., 2017). En *L. vannamei* el 75% de *A. platensis* en reemplazo de la harina de pescado no afecta la supervivencia ni el crecimiento (Macias-Sancho et al., 2014).

La harina de microalgas en la dieta es una fuente de proteína y de carotenoides que permite alta acumulación de carotenoides en el cuerpo de *P. vannamei* (Basri et al., 2015), y de ideal manera sucede en *P. monodon* (Natesan et al., 2014). Asimismo, el aumento del nivel de harina de agua verde en las dietas mejora la pigmentación de los camarones (Shapawi et al., 2017). Pues se conoce que los crustáceos sintetizan astaxantina a partir de las microalgas de la dieta (Maoka, 2020). Además, a medida que transcurre la prueba de alimentación en *P. vannamei*, aumenta el grado pigmentación entre el exoesqueleto y el músculo (Arredondo-Figueroa et al., 2003). *M. rosenbergii* alimentado con 50% de *A. platensis* y *C. vulgaris* mostró mayor composición química corporal, como proteína total, aminoácidos, carbohidratos y lípidos (Radhakrishnan et al., 2016). Sin embargo, la composición proximal del cuerpo disminuye a medida que el nivel de harina de agua verde aumenta en la dieta como consecuencia de la baja ingesta de alimento (Shapawi et al., 2017).

Los alimentos ricos en pigmentos carotenoides durante el cultivo mejoran la coloración en crustáceos (Tomas et al., 2020). Las microalgas son ricas en astaxantina con el cual se mejora el color del cuerpo de *P. vannamei* (Li et al., 2022). Por tanto, consumir pigmentos procedentes de microalgas influye en la intensidad del color de *N. davidi* (Luna-Vivalvo et al., 2024). En *P. vannamei* alimentados con harina de microalgas en la dieta produjeron un color rojo/naranja más intenso, asimismo una mayor inclusión de harina de microalgas resulta en una coloración más intensa (Basri et al., 2015).

El camarón *M. caementarius* tiene importancia económica (Pinazo et al., 2020), el color proporciona estándares de calidad pues desde una perspectiva empresarial, el color juega un papel decisivo en la evaluación y determinación de la calidad del producto (Lim et al., 2018). Por consiguiente, incorporar pigmentos naturales en la dieta del camarón cuando se cultiva, incrementa el color de los animales (Fuentes et al., 2021), principalmente en machos que son los que presenta mayor tonalidad rojiza del cuerpo (Terrorres & Reyes, 2022).

En los pedúnculos oculares de los crustáceos decápodos hay producción de las cromatóforotropinas, que son neurohormonas producidas por el órgano X- glándula sinusal, responsables de la distribución de los cromatóforos en la epidermis del animal (Lima et al., 2015). Una forma de alterar la coloración puede ser a través de la extirpación del pedúnculo ocular, la cual provoca una reducción de estas hormonas en la circulación y, en consecuencia, cambios en el patrón del color característico del camarón (Santos & Pinheiro, 2000). Sin embargo, en los camarones *M. caementarius* la eliminación de un solo pedúnculo no es suficiente para el cambio de color del cuerpo del animal, pues se requiere la ablación de ambos pedúnculos oculares (Reyes et al., 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Transporte y aclimatación de camarones

Los camarones (n = 60) fueron colectados del río de Samanco (9°15'18" S, 78°29'42" O) (Ancash, Perú), y cada camarón fue introducido en un vaso de plástico (200 mL) el cuál poseía orificios pequeños para permitir el flujo de agua. Luego, los vasos con los camarones dentro fueron acondicionados en tanques (40 L) con agua del mismo río y aireación manual. El tiempo de transporte vía terrestre fue de 1 h y no hubo mortalidad. En el laboratorio, los camarones fueron aclimatados durante siete días en acuarios (15 camarones/acuario) y se proporcionó la dieta basal a partir del tercer día (Fig. 1). Los recambios de agua fueron del 30% y mediante un sifón se hizo limpieza y extracción de restos de alimento no consumido y de desechos de excreción cada tres días.



**Figura 1.** Aclimatación de *M. caementarius* el laboratorio en vasos de plástico agujereados dentro de acuarios.

#### Elaboración de dietas

Las dietas fueron elaboradas según la formulación de Reyes-Avalos (2016). Para las dietas experimentales se reemplazó la harina de pescado con 25, 50 y 75% de polvo de Spirulina y el control fue la dieta basal (Tabla 1). El polvo de Spirulina se obtuvo de la Empresa K y B Natural E.I.R.L (Lima, Perú), cuya composición se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición del polvo de Spirulina (*A. platensis*).

Composición	Valores
Apariencia	Verde oscuro
Aroma	Alga
Sabor	Salado-amargo
Proteínas	66.5 %
ficocianina	13.54 %
clorofila	1.3 %
carotenoides	0.310 %
humedad	6.1 %
ceniza	6.9 %
bacterias totales	2 UFC/g
Levadura y moho	<100 UFC/g

Las harinas, los aceites, el polvillo de arroz, la melaza y la sal común fueron adquiridas del mercado de abastos La perla (Chimbote, Perú). Las harinas fueron tamizadas y pesados de acuerdo con la formulación (Tabla 2). La harina de soya fue tostada. Para la elaboración de alimento, primero, se mezcló todas las harinas con el ácido sórbico y el complejo B. Los aceites, la lecitina de soya y el BHT fueron disueltos a baño maría. La sal y la melaza se diluyó con agua caliente. Todos los ingredientes se mezclaron hasta conseguir una textura adecuada. Luego, se peletizó en húmedo con una prensa manual, se obtuvo pellets (3 mm Ø), que se secaron (60 °C por 24 h), y fueron almacenados en bolsas de plástico y se mantuvo a temperatura ambiente hasta su uso. La hidroestabilidad de las dietas se determinó según Obaldo et al. (2002). La composición proximal de las dietas se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición porcentual, proximal y características físicas y organolépticas de dietas con diferentes porcentajes de sustitución de la harina de pescado con polvo de Spirulina (*A. platensis*).

	Control	Polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> )		
		25%	50%	75%
<b>Composición porcentual</b>				
Harina de pescado	30.0	22.5	15.0	7.5
Polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> )	0.0	7.5	15.0	22.5
Harina de soya	21.0	21.0	21.0	21.0
Harina de maíz	15.4	15.4	15.4	15.4
Harina de paprika	0.2	0.2	0.2	0.2
Aceite de pescado	2.0	2.0	2.0	2.0
Aceite de soya	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de maíz	0.5	0.5	0.5	0.5
Lecitina de soya <sup>1</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
Polvillo de arroz	20.0	20.0	20.0	20.0
Melaza	2.7	2.7	2.7	2.7
Zeolita	4.0	4.0	4.0	4.0
Sal común	2.0	2.0	2.0	2.0
Complexvit <sup>2</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3
BHT <sup>3</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
Ácido sórbico	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Composición proximal (%)</b>				
Proteína	29.67	29.85	32.19	33.08
Lípidos	7.83	8.11	7.92	8.53
Cenizas	8.39	9.14	8.23	8.54
Fibra	2.36	2.19	1.86	1.72
Carbohidratos	51.75	50.71	49.80	48.13
Carbohidratos/lípidos	6.99	6.25	6.29	5.64
Carbohidrato/Proteína	1.85	1.70	1.65	1.62
Lípidos/Proteína	0.26	0.27	0.26	0.28
<b>Características físicas y organolépticas</b>				
Hidroestabilidad de pellets (%)	78.50 ± 3.78 <sup>a</sup>	77.50 ± 2.50 <sup>a</sup>	78.83 ± 3.55 <sup>a</sup>	76.50 ± 1.00 <sup>a</sup>
Aroma	Pescado	Alga marina	Alga marina	Alga marina
Color	Marrón	Verde	Verde oscuro	Verde oscuro
Sabor	Salado/A pescado	Salado/A pescado	Salado/A pescado	Salado/Amargo

Los datos son expresados como media ± desviación estándar.

Datos con letras diferentes en super índice en una misma fila indica diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Lecitina de soya purificada (1200 mg cápsulas suaves con fosfatídicos  $\geq 250$  mg).

<sup>2</sup> comprende ( $\text{kg}^{-1}$ ): Vitaminas A 8 g; E 7 g; B1 8 g; B2 16 g; B6 11.6 g; B12 0.02 g; C 5 g; D3 5 g; K3 1 g;

Nicotinamida 10 g; Niacina 6 g; Biotina 0.3 g; DL Metionina 20 g; Pantotenato de calcio 47 g; Cloruro de sodio 2.7 g;

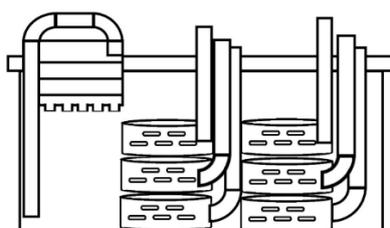
Cloruro de potasio 34 g; Sulfato de magnesio 7 g; Maca 5 g y Excipientes 1.0 g.

<sup>3</sup> Butylated Hydroxytoluene.

## Sistema de cultivo

La especie de los camarones fue identificada con clave taxonómica (Méndez, 1981) y se consideró la nueva denominación del género y especie como *Macrobrachium caementarius*, según DecaNet eds. (2025). Luego, fueron seleccionados los camarones machos (presencia de un gonóporo en cada coxopodito del quinto par de periópodos), debido a que crecen más que las hembras (Viacava et al., 1978), y porque el color del cuerpo es más intenso que el de las hembras (Terrones & Reyes-Avalos, 2022).

El cultivo de camarones se realizó en 12 tanques de fibra de vidrio (60 × 42 × 45 cm y 100 L), cada uno tuvo un sistema de recirculación (1.5 L/min) air-water-lift, con un filtro biológico (2 L), con una capa de esponja, 260 g de conchuela triturada y 135 g de biochips de plástico; además, se instaló piedras difusoras para circulación y oxigenación del agua. Dentro de cada tanque se instaló cuatro recipientes circulares de plástico transparente con tapa (19 cm Ø; 8 cm de altura y de 284 cm<sup>2</sup>), cada recipiente posee aberturas en los laterales y con un tubo que sobresale el nivel de agua para suministrar el alimento formulado, estas se disponen en dos grupos de dos niveles (Fig. 2). Los camarones fueron asignados al azar uno en cada recipiente de cultivo a la densidad de cuatro camarones/tanque (16 camarones/m<sup>2</sup>). En total se emplearon 48 camarones de 4.7 a 7.5 cm de longitud total y de 4.6 a 15.6 g de peso total húmedo, todos poseían apéndices cefalotorácicos completos y no mostraban signos de laceraciones en el cuerpo ni en los quelípodos. Los camarones fueron alimentados dos veces al día, a las 08:00 h (40%) y 18:00 h (60%) con el nivel de alimentación del 5% del peso húmedo por día, y se reajustó después de cada muestreo.



**Figura 2.** Sistema de tanques de fibra de vidrio para el cultivo del camarón *M. caementarius*.

## Crecimiento y supervivencia

Los camarones fueron muestreados cada 30 días durante tres meses. El peso total (g) se determinó en balanza digital ADAM AQT 600 ( $\pm 0.01$  g) y la longitud total (escotadura postorbital hasta el extremo posterior del telson) se midió con vernier ( $\pm 0.5$  mm). Con los datos obtenidos se determinó los parámetros productivos del camarón:

$$\text{Ganancia en peso (\%)} = (X_2 - X_1/X_1) \times 100$$

$$\text{Tasa de crecimiento absoluto} = X_2 - X_1/t_2 - t_1$$

$$\text{Tasa de crecimiento específica (\%/día)} = [\ln X_2 - \ln X_1] / t_2 - t_1 \times 100$$

$$\text{Supervivencia} = (N_i \times 100) / N_o$$

$$\text{Factor de conversión alimenticia (FCA)} = \text{alimento consumido} / \text{biomasa ganada}$$

$$\text{Eficiencia de conversión alimenticia (ECA, \%)} = (1/FCA) \times 100$$

$$\text{Tasa de eficiencia proteica (TEP)} = \text{Ganancia de peso} / \text{Ingesta de proteínas}$$

Dónde  $X_1$  y  $X_2$  es el peso húmedo (g) inicial y final;  $t_1$  y  $t_2$  es la duración en días;  $\ln X_1$  y  $\ln X_2$  es el logaritmo natural del peso inicial y final;  $N_o$  y  $N_i$  es el número inicial y final de camarones sembrados.

## Índices organosomáticos

Para ello se seleccionaron al azar tres camarones por tratamiento El hepatopáncreas y el músculo de la cola fueron secados en estufa ( $109^\circ\text{C}$  por 24 h). Las muestras se pesaron en una balanza digital JAP303P ( $\pm 0.001$  g). Los índices organosomáticos y el contenido de humedad, se calcularon según Fotedar (1998).

- Humedad del músculo de la cola (HM<sub>c</sub>, %) =  $[(\text{PHM}_c - \text{PSM}_c) \times 100] / \text{PHM}_c$
- Índices de músculo húmedo de la cola (IMH<sub>c</sub>) =  $(\text{PHM}_c \times 100) / \text{PT}$
- Índices de músculo seco de la cola (IMSc) =  $(\text{PSM}_c \times 100) / \text{PT}$
- Humedad de la hepatopáncreas (HH, %) =  $[\text{PHH} - \text{PSH}] \times 100 / \text{PHH}$
- Índice hepatosomático húmedo (IHSh, %) =  $(\text{PHH} \times 100) / \text{PT}$
- Índice hepatosomático seco (IHSs, %) =  $(\text{PSH} \times 100) / \text{PT}$
- Índices de condición K de Fulton (K, %) =  $(\text{PT} / \text{LT}^3) \times 100$

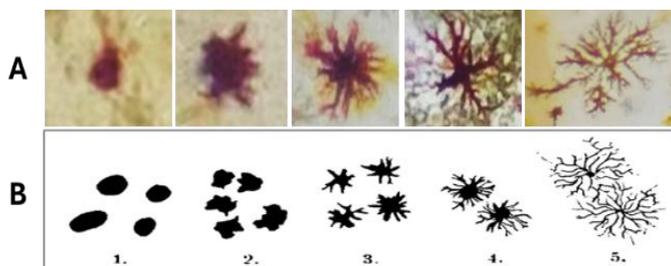
Donde PHMc es el peso húmedo del músculo de la cola, PSMc es el peso seco del músculo de la cola, PHH es el peso húmedo de la hepatopáncreas, PSH es el peso seco de la hepatopáncreas, PT es el peso total y LT es la longitud total.

### Cromatóforos epidérmicos

Los cromatóforos de la zona dorsal y central del exoesqueleto del segundo segmento abdominal del camarón vivo ( $n = 2$  por tratamiento), fueron fotografiados con cámara digital montada en el ocular de un estereoscopio (4X), según la metodología de Fuentes et al. (2021). Las fotografías de los cromatóforos se tomaron con cámara digital Sony APS-C a6100 (24.2 megapíxeles). El número de cromatóforos se determinó por conteo en un área y expresada por  $\text{mm}^2$ . El índice de cromatóforo (ICr) fue determinado con la fórmula:

$$\text{ICr} = [\sum (\text{Estado de dispersión de cromatóforo} \times \text{Número de cromatóforos en un estado de dispersión específico})] / \text{Número total de cromatóforos observados.}$$

Donde se consideraron los cinco estados de dispersión de cromatóforo según (Hogben et al., 1931) siendo el estado 1 pequeño y con pigmento concentrado en el cromatóforo, hasta el estado 5 que es grande y con pigmento completamente disperso en el cromatóforo estrellado (Figura 3).



**Figura 3.** a) Índice del estado de dispersión de pigmentos de cromatóforos de *M. caementarius*. b) Índice de melanóforo de la rana *Xenopus laevis*, según (Hogben et al., 1931), siendo el estado 1 pequeño y con pigmento concentrado en el cromatóforo, hasta el estado 5 que es grande y con pigmento completamente disperso en el cromatóforo estrellado.

El coeficiente de cromatóforo fue determinado según (Ford & Feuerhelm, 2020):

$$\text{CCr} = ([n1/\text{Tc}] \times 20) + ([n2/\text{Tc}] \times 20) + ([n3/\text{Tc}] \times 20) + ([n4/\text{Tc}] \times 20) + ([n5/\text{Tc}] \times 20)$$

Donde  $n1$  a  $n5$  es el número de cromatóforos en los estados 1 a 5 de un individuo. Este valor se divide por el número total de cromatóforos (Tc) y se multiplica por 20. Después del

cálculo de n1 a n5, estos valores se suman para generar la puntuación de cromatóforos, que debe estar entre 20 (color muy claro) y 100 (color muy oscuro).

### **Coloración del cuerpo**

Al final del experimento, la coloración del cuerpo del camarón ( $n = 2$  por tratamiento) se determinó por el método de la cocción (100 °C por 2 min). Las capturas de las imágenes digitales fueron realizadas en el sistema diseñado por Terrones y Reyes (2022). Las imágenes se analizaron con el modo de color RGB (rojo, verde y azul, por sus siglas en inglés) del programa Adobe Photoshop 2020. Finalmente, se empleó un convertidor gratuito disponible en la web (<https://colordesigner.io/convert/rgbtolab>) para asignar un tono de color del camarón. Además, se determinó el índice de color (IColor) del cuerpo, según (Díaz-Jiménez et al., 2018):  $IColor = (R + G + B) / 765$

Donde a R, G y B se les asignaron valores de 0 a 255, los cuales fueron obtenidos con el programa Adobe Photoshop, y 765 es una constante resultante de la suma de los valores máximos de RGB.

### **Análisis proximal de dietas y músculo del camarón**

El análisis químico proximal del musculo del camarón se realizó en el Laboratorio Físico Químico Ambiental Perú S.A.C (FQA PERÚ) según la Norma Técnica Peruana (NTP, <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>), que incluía contenido proteico, grasa, fibra y cenizas. Las características organolépticas de aroma y color de las dietas se determinaron según Gallardo-Carril & Reyes-Avalos (2020). Para los carbohidratos se empleó la fórmula por diferencia:  $100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ grasas} + \% \text{ fibra} + \% \text{ ceniza})$ .

### **Calidad del agua**

El agua de los tanques se monitoreó semanalmente y se determinó temperatura con termómetro digital ( $\pm 0.01$  °C), oxígeno disuelto con oxímetro digital ISY ( $\pm 0,01$  mg/L); y el pH con pH-metro digital ( $\pm 0.01$  unidades). Los niveles de amonio total (NAT), amonio ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), amoniaco ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), nitritos ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) se determinaron con kit de análisis HI83325 ( $\pm 0.01$  mg/L).

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron procesados estadísticamente mediante el diseño estadístico completamente al azar y se analizó mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los

datos fueron presentados mediante tablas estadísticas con resultados absolutos y gráficos de barras, para ello se usó el programa Excel 2019. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron por análisis de varianza de una vía (ANOVA I) y con la prueba post-hoc de Duncan, en ambos casos con 95% de significancia. Todos los análisis se determinaron con el software SPSS versión 26 para Windows. Los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar.

## IV. RESULTADOS

### Crecimiento, supervivencia y utilización de alimento

El crecimiento en peso de *M. caementarius* fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos dietarios, pero tiende a ser mayor en 24% con la dieta con 50% de Spirulina en relación con la dieta control (Tabla 3). La supervivencia (58% a 66 %) fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. La mortalidad fue por causas desconocidas y por dificultad para culminar con la ecdisis. Los índices de utilización de alimento fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos dietarios, no obstante, con la dieta con 50% de Spirulina la FCA fue ligeramente menor y las ECA y TEP fueron ligeramente mayores, en relación con las otras dietas.

**Tabla 3.** Parámetros de crecimiento en peso, supervivencia y utilización de alimento (media  $\pm$  desviación estándar) de *M. caementarius* alimentado con dietas con diferentes proporciones de polvo de Spirulina (*A. platensis*), durante 90 días.

Parámetros	Polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> )			
	Control	25%	50%	75%
Crecimiento y supervivencia				
PT inicial (g)	7.25 $\pm$ 1.94 <sup>a</sup>	6.07 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>	6.90 $\pm$ 1.35 <sup>a</sup>	6.76 $\pm$ 0.83 <sup>a</sup>
PT final (g)	9.22 $\pm$ 1.53 <sup>a</sup>	8.20 $\pm$ 1.10 <sup>a</sup>	9.71 $\pm$ 2.44 <sup>a</sup>	8.34 $\pm$ 1.12 <sup>a</sup>
GP (%)	29.92 $\pm$ 15.61 <sup>a</sup>	34.79 $\pm$ 11.63 <sup>a</sup>	39.54 $\pm$ 9.74 <sup>a</sup>	33.69 $\pm$ 9.19 <sup>a</sup>
TCA (g/día)	0.022 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	0.024 $\pm$ 0.009 <sup>a</sup>	0.031 $\pm$ 0.012 <sup>a</sup>	0.018 $\pm$ 0.007 <sup>a</sup>
TCE (%/PT día)	0.286 $\pm$ 0.133 <sup>a</sup>	0.329 $\pm$ 0.098 <sup>a</sup>	0.368 $\pm$ 0.079 <sup>a</sup>	0.234 $\pm$ 0.084 <sup>a</sup>
Supervivencia (%)	58.33 $\pm$ 14.43 <sup>a</sup>	66.67 $\pm$ 14.43 <sup>a</sup>	66.67 $\pm$ 14.43 <sup>a</sup>	66.67 $\pm$ 14.43 <sup>a</sup>
Utilización de alimento				
FCA	2.70 $\pm$ 1.16 <sup>a</sup>	3.62 $\pm$ 3.03 <sup>a</sup>	1.90 $\pm$ 0.96 <sup>a</sup>	7.26 $\pm$ 5.94 <sup>a</sup>
ECA (%)	42.57 $\pm$ 19.93 <sup>a</sup>	40.70 $\pm$ 23.89 <sup>a</sup>	67.76 $\pm$ 45.84 <sup>a</sup>	25.34 $\pm$ 24.02 <sup>a</sup>
TEP	0.18 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>	0.08 $\pm$ 0.68 <sup>a</sup>	0.37 $\pm$ 0.95 <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>

PT: Peso total. GP: Ganancia en peso. TCA: Tasa de crecimiento absoluto. TCE: Tasa de crecimiento específico. FCA; Factor de conversión alimenticia. EFA: Eficiencia de conversión alimenticia. TEP: Tasa de eficiencia proteica. Datos con letras diferentes en superíndice en una misma fila indica diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

### Índices organosomáticos

Los índices organosomáticos fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos dietarios, no obstante, el IMHc y el IMSc tiende a ser menores con las dietas con 25% y 50% de Spirulina, pero también tienden a ser mayores con la dieta con 75% de Spirulina y la dieta control. En cambio, el HH tiende a disminuir con la dieta con 25% y 75% de Spirulina, pero muestra tendencia a aumentar con la dieta 50%, en relación con el control. El IHSh y IHSs fueron significativamente menores ( $P < 0.05$ ) solo con la dieta con 50% de Spirulina, en relación con las demás dietas. El índice K fue similar entre tratamientos, pero tiende a disminuir con la dieta con 25% de Spirulina, luego tiende a incrementar con las dietas con 50% y 75% de Spirulina (Tabla 4).

**Tabla 4.** Índices organosomáticos (media  $\pm$  desviación estándar) de *M. caementarius* alimentado con dietas con diferentes proporciones de polvo de Spirulina (*A. platensis*), durante 90 días.

Índices organosomáticos	Polvo de Spirulina			
	Control	25%	50%	75%
HMc (%)	76.46 $\pm$ 3.52 <sup>a</sup>	76.62 $\pm$ 4.69 <sup>a</sup>	76.39 $\pm$ 2.34 <sup>a</sup>	76.79 $\pm$ 5.08 <sup>a</sup>
IMHc	19.38 $\pm$ 1.17 <sup>a</sup>	17.60 $\pm$ 4.42 <sup>a</sup>	18.00 $\pm$ 4.54 <sup>a</sup>	21.56 $\pm$ 4.32 <sup>a</sup>
IMSc	4.52 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	4.16 $\pm$ 1.55 <sup>a</sup>	4.22 $\pm$ 0.97 <sup>a</sup>	4.91 $\pm$ 1.04 <sup>a</sup>
HH (%)	51.29 $\pm$ 18.78 <sup>a</sup>	46.66 $\pm$ 5.35 <sup>a</sup>	62.14 $\pm$ 7.69 <sup>a</sup>	44.58 $\pm$ 4.28 <sup>a</sup>
IHSh (%)	4.72 $\pm$ 1.24 <sup>ab</sup>	5.27 $\pm$ 0.84 <sup>b</sup>	3.04 $\pm$ 1.02 <sup>a</sup>	4.66 $\pm$ 1.09 <sup>ab</sup>
IHSs	2.29 $\pm$ 1.15 <sup>ab</sup>	2.85 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>	1.17 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>	2.56 $\pm$ 0.44 <sup>b</sup>
K (%)	3.97 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	3.88 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>	4.34 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	4.52 $\pm$ 1.13 <sup>a</sup>

HMc: Humedad del músculo de la cola; IMHc: Índices de músculo húmedo de la cola; IMSc: Índices de músculo seco de la cola; HH: Humedad de la hepatopáncreas; IHSh: Índice hepatosomático húmedo; IHSs: Índice hepatosomático seco; K: Índices de condición K de Fulton.

Datos con letras diferentes en superíndice en una misma fila indica diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

### Cromatóforos epidérmicos

En el cuerpo del camarón se observó diferentes estados de dispersión de los pigmentos de los cromatóforos (Figuras 3). El número, índice y coeficiente de cromatóforos fue mayor ( $P < 0.05$ ) con la dieta de 75% de Spirulina. El color de los cromatóforos fue amarillo-anaranjado para el tratamiento control y 25% y rojo-anaranjado para tratamiento con 50% y 75% de Spirulina (Tabla 5).

**Tabla 5.** Número, índice, coeficiente y color de cromatóforos (media  $\pm$  desviación estándar) de *M. caementarius* alimentado con dietas con diferentes proporciones de polvo de Spirulina (*A. platensis*), durante 90 días.

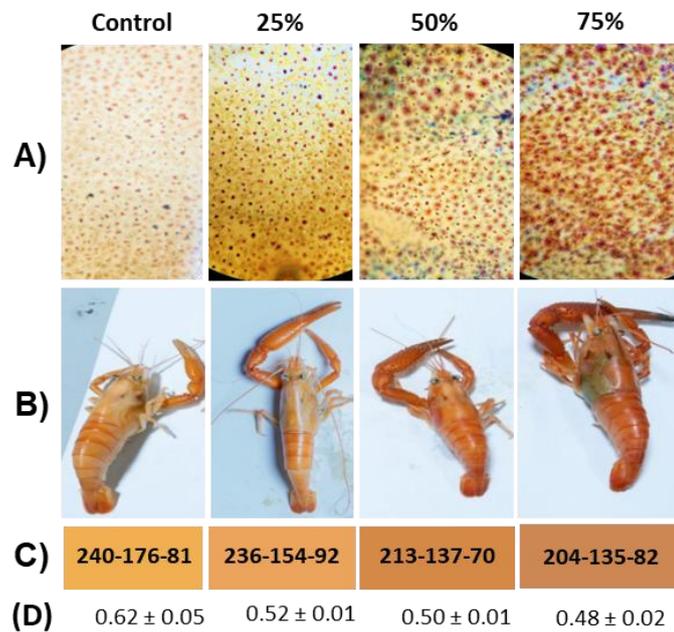
Cromatóforos	Polvo de Spirulina ( <i>A. platensis</i> )				r
	Control	25%	50%	75%	
Número/mm <sup>2</sup>	88.50 $\pm$ 14.85 <sup>a</sup>	92.00 $\pm$ 8.49 <sup>a</sup>	122.50 $\pm$ 33.23 <sup>a</sup>	239.00 $\pm$ 26.87 <sup>b</sup>	0.851**
Índice	2.85 $\pm$ 0.92 <sup>a</sup>	3.46 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	4.12 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	4.76 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	0.898**
Coeficiente	56.90 $\pm$ 18.24 <sup>a</sup>	69.20 $\pm$ 3.96 <sup>a</sup>	82.40 $\pm$ 5.94 <sup>a</sup>	95.20 $\pm$ 1.98 <sup>b</sup>	0.899**
Color	Amarillo-anaranjado	Amarillo-anaranjado	Rojo-anaranjado	Rojo-anaranjado	

Datos con letras diferentes en superíndice en una misma fila indica diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

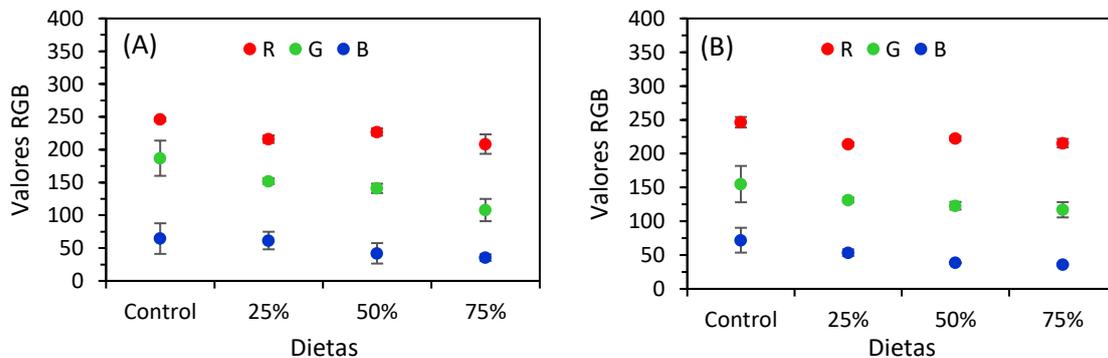
### Coloración del cuerpo de los camarones

La coloración del cuerpo de los camarones cocidos se relacionó con el color de los cromatóforos (Figura 4a, b). Los valores RGB fueron más altos con la dieta control, luego tiende a disminuir con el incremento de polvo de Spirulina en la dieta (Figura 5), siendo los valores del rojo los más altos, y el verde y el azul los más bajos. La combinación de los valores RGB por tratamiento dieron las tonalidades de amarillo-anaranjado claro para el cuerpo de los camarones del tratamiento control y con 25% de Spirulina, en cambio se obtuvo las tonalidades de rojo-anaranjado para los tratamientos con 50% y 75% de Spirulina, respectivamente (Figura 4c). El IColor fue mayor en los camarones alimentados con las

dietas control y con 25% de Spirulina, en cambio, fue menor con las dietas con 50% y 75% de polvo de Spirulina (Figura 4d).



**Figura 4.** Camarón *M. caementarius* alimentado con las dietas control, 25, 50 y 75% de polvo de Spirulina (*A. platensis*). (A) Cromatóforos epidérmicos de la zona dorsal y central del segundo segmento abdominal, observado en camarones vivos con microscopio a 4X. (B) Color del cuerpo después de la cocción. (C) RGB promedio del cefalotórax y abdomen, y los rectángulos representan el tono del color según los valores RGB. (D) Índice de color (IColor) (media ± desviación estándar).



**Figura 5.** Valor RGB (media ± desviación estándar) del cefalotórax (A) y del abdomen (B) del cuerpo del camarón *M. caementarius*.

### Composición química del músculo del camarón

En el músculo de *M. caementarius*, la proteína y la fibra fue mayor en aquellos alimentados con dietas con polvo de Spirulina que con la dieta control; en cambio, los lípidos, cenizas y carbohidratos disminuyeron con el incremento de polvo de Spirulina en las dietas (Tabla 6).

**Tabla 6.** Composición químico proximal del músculo del camarón macho *M. caementarius* alimentado con diferentes proporciones de polvo de Spirulina (*A. platensis*).

Composición	Polvo de Spirulina			
	Control	25%	50%	75%
Humedad	2.41	3.23	3.11	3.06
Proteína	21.06	23.18	24.00	24.37
Lípidos	6.89	6.64	6.57	6.48
Cenizas	7.86	7.74	7.70	7.65
Fibra	2.19	2.71	2.54	2.61
Carbohidratos	62.00	59.73	59.19	58.89

### Calidad del agua

La calidad del agua durante el periodo experimental (Tabla 7) fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos dietarios. La temperatura del agua se mantuvo en  $24.21^{\circ}\text{C}$ , el oxígeno en  $7.98\text{ mg/L}$ , el pH en 7.96 unidades, el NAT fue de  $0.14\text{ mg/L}$ , los nitritos fue de  $0.18\text{ mg/L}$ , los nitratos de  $5.04\text{ mg/L}$ , el amonio y el amoniaco fue de  $0.06\text{ mg/L}$ .

**Tabla 7.** Parámetros de calidad del agua (media  $\pm$  desviación estándar) de cultivo de *M. caementarius* alimentados con dietas de diferentes proporciones de polvo de Spirulina (*A. platensis*).

Parámetros	Polvo de Spirulina			
	Control	25%	50%	75%
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	$24.18 \pm 0.16^a$	$24.20 \pm 0.12^a$	$24.26 \pm 0.11^a$	$24.20 \pm 0.12^a$
Oxígeno disuelto (mg/L)	$7.80 \pm 0.29^a$	$8.05 \pm 0.14^a$	$8.08 \pm 0.12^a$	$7.98 \pm 0.39^a$
pH (Unidades)	$7.80 \pm 0.29^b$	$8.05 \pm 0.14^a$	$8.08 \pm 0.12^a$	$7.98 \pm 0.39^b$
NAT (mg/L)	$0.16 \pm 0.17^a$	$0.12 \pm 0.07^a$	$0.10 \pm 0.05^a$	$0.11 \pm 0.07^a$
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	$0.08 \pm 0.08^a$	$0.06 \pm 0.04^a$	$0.05 \pm 0.03^a$	$0.06 \pm 0.04^a$
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	$0.08 \pm 0.08^a$	$0.07 \pm 0.04^a$	$0.05 \pm 0.03^a$	$0.06 \pm 0.04^a$
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	$0.20 \pm 0.42^a$	$0.00 \pm 0.00^a$	$0.30 \pm 0.67^a$	$0.20 \pm 0.63^a$
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	$5.45 \pm 3.69^a$	$4.63 \pm 1.55^a$	$6.64 \pm 5.15^a$	$3.53 \pm 1.62^a$

NAT: Nitrógeno amoniacal total. NH<sub>3</sub>-N: Nitrógeno de amoniaco. NH<sub>4</sub>-N: Nitrógeno de amonio. NO<sub>2</sub>-N: Nitrógeno de nitrito, NO<sub>3</sub>-N: Nitrógeno de nitrato.

Datos con letras diferentes en super índice en una misma fila indica diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

## V. DISCUSIÓN

### Crecimiento

El estudio muestra que la suplementación de las dietas con polvo de Spirulina, no favorecieron significativamente ( $P > 0.05$ ) los parámetros de crecimiento en peso, ni la supervivencia de *M. caementarius*, donde los parámetros de calidad de agua estuvieron en niveles aceptables, similar a lo reportado para el ambiente donde habita la especie de camarón (Zacarías & Yépez, 2015), No obstante, el crecimiento fue ligeramente mayor con 50% de Spirulina pues tenían una GP de 39% y una TCE de 36% mayores que con la dieta control. Similares resultados con 50% de harina de microalgas *C. vulgaris* y *A. platensis* en la dieta son reportados en *M. rosenbergii* (Radhakrishnan et al., 2016; Khan, 2017) y en *E. chinensis* alimentado con *Haematococcus pluvialis* (Jiang et al., 2020). En cambio, en *N. davidi*, los niveles de 8% a 10% de *A. platensis*. en la dieta producen efectos significativos sobre el crecimiento y utilización del alimento (Kohal et al., 2018).

Además, la mayor tendencia en el crecimiento de *M. caementarius* obtenido con la dieta con 50% de Spirulina, se relaciona con la ligera disminución del FCA y también al ligero incremento de la ECA y la TEP, lo que sugiere que el balance de nutrientes fue beneficioso, que aunado a las características organolépticas más acentuadas debe haber facilitado con el consumo, la digestión y asimilación. Se ha demostrado que el polvo de *Spirulina* en la dieta es un atrayente alimenticio y además nutricionalmente eficiente debido al perfil nutricional completo para el crecimiento de *L. vannamei* (Silva-Neto et al., 2012). Los atrayentes de una dieta disminuyen el FCA y aumenta la TEP en *E. sinensis* (Li et al., 2025). Se conoce que el FCA, la TEP y la TCE, son indicadores sensibles de la calidad proteica de una dieta (Tacon, 1989), como ha sido reportado en *P. vannamei* (Goytortúa-Bores et al., 2006). El requerimiento de proteína para maximizar el crecimiento de *M. caementarius* no ha sido estudiado, pero en la presente investigación, la TEP ligeramente mayor que con las otras dietas, sugiere un mayor uso de proteínas destinadas al crecimiento. En consecuencia, es probable que los carbohidratos fueron la fuente de energía, pues se conoce que esta especie de camarón tiene capacidad de utilizar alto contenido de carbohidratos (47%) de la dieta (Gallardo-Carril & Reyes-Avalos, 2020), con alta digestibilidad (93%) (Baltodano et al., 2022). En *M. amazonicum*, se requiere que la energía se encuentre en equilibrio con la proteína para maximizar el crecimiento, pues la energía dietética puede interferir en el rendimiento (Ballester et al., 2023).

Los índices hepatopancreáticos y del músculo de la cola son excelentes indicadores de la condición fisiológica de los crustáceos (Sang et al., 2014). El hepatopáncreas es el principal órgano de almacenamiento de enzimas y nutrientes suficientes para el metabolismo y la satisfacción de los requerimientos de energía de los crustáceos (Vogt, 2019). El alto contenido de humedad en el hepatopáncreas indica depleción de reservas de energía (Sang & Fotedar, 2004). En la investigación, el ligero incremento de la HH obtenido con la dieta con 50% de Spirulina, se relaciona con los mayores parámetros de crecimiento y con los mejores índices de utilización de alimento, lo que sugiere que el camarón se encontraba haciendo uso de los nutrientes y de la energía proporcionada por dicha dieta, de ahí que el IHS<sub>h</sub> y el IHS<sub>s</sub> fueron menores con esta dieta. En cambio, con la dieta con 25% de Spirulina el IHS<sub>h</sub> y el IHS<sub>s</sub> fueron mayores ( $P < 0.05$ ), lo que indica dificultades en utilizar los nutrientes acumulados en el hepatopáncreas.

En cambio, los camarones *M. caementarius* alimentados con la dieta con 75% de Spirulina tienden a tener menores parámetros de crecimiento y una deficiente utilización de alimento, sin diferencias ( $P > 0.05$ ) con las otras dietas. Aunque fue desconcertante obtener un ligero incremento del IMHc, IMSc y del índice K con dicha dieta. En *C. tenuimanus* y *P. monodon* los valores significativamente más altos de IMHc y IMSc indican almacenamiento de energía en el músculo del abdomen (Sang et al., 2011; 2014), debido a que la absorción de nutrientes es más eficiente (Ambas et al., 2013). Los resultados de la presente investigación indicarían que el exceso de polvo de Spirulina de la dieta (75%) debe haber afectado la calidad de las proteínas de la dieta. Esto sucede en *P. vannamei* cuando es alimentado con harina de agua verde en la proporción  $> 20\%$ , que produce pobre crecimiento debido a la deficiencia de lisina y triptófano y a la baja digestibilidad (Shapawi et al., 2017). Se ha reportado que la dieta con excesiva astaxantina o polvo de microalga tiene efecto negativo en el rendimiento del crecimiento en peces (Liao et al., 2018) y crustáceos como *M. rosenbergii* (Radhakrishnan et al., 2016). Sin embargo, en *P. vannamei*, se ha reportado que hasta el 75% de la HP podía sustituirse por *A. platensis* sin afectar a la supervivencia ni crear una depresión del crecimiento (Ahmed et al., 2025). Asimismo, En *Portunus trituberculatus*, se ha demostrado que el exceso de astaxantina en la dieta disminuye el metabolismo energético general (Deng et al., 2024).

El camarón *M. caementarius*, tiene comportamiento alimentario particular de rasgar los pellets y con ello genera desprendimientos de partículas de alimento (Baltodano et al., 2022). Las características físicas y organolépticas de las dietas fueron similares entre

tratamientos dietarios, y no coadyuvaban significativamente con el crecimiento ni con los índices organosomáticos de *M. caementarius*, aun cuando los pellets tuvieron baja hidroestabilidad (77.83%), menores a los reportados en otros trabajos donde se utiliza de polvo de *A. platensis* y agua verde (Radhakrishnan et al., 2016; Shapawi et al., 2017). La alta hidroestabilidad genera mayor integridad física del pellet, y una mínima desintegración y lixiviación de los nutrientes (Mirabent et al., 2019). Además, cuando las características organolépticas no son las adecuadas, se presenta dificultades en el consumo del alimento por los camarones (Terrones & Reyes 2018).

### **Coloración del cuerpo**

El polvo de Spirulina utilizado en las dietas de *M. caementarius* posee, según el fabricante, alta concentración de ficocianina (13.54%), baja en clorofila (1.30%) y carotenoides (0.31%). La ficocianina es una ficobiliproteína de color azul intenso de las cianobacterias (Dagnino-Leone et al., 2022). En los camarones machos de *M. caementarius*, se conoce que el color del cuerpo de los ejemplares crudos es marrón claro y oscuro, pero el dactilo y el dedo fijo de los quelípodos es azul claro (Terrones & Reyes-Avalos, 2022). Sin embargo, en el presente estudio, fue observado en menor proporción, algunos cromatóforos azules en el cuerpo del camarón, cuya concentración fue mayor con el incremento de la concentración de polvo de Spirulina en las dietas, lo que evidencia la acumulación de ficocianina en algunos cromatóforos. Además, los resultados muestran evidencia de que hubo mayor la conversión de los carotenoides y de otros pigmentos en astaxantina acumulados en los cromatóforos de *M. caementarius*, como ha sido reportado previamente (Fuentes et al., 2021). El mecanismo de la ficocianina dietética en la coloración de *M. caementarius* requiere más investigación, toda vez que, en el exoesqueleto y el tejido hipodérmico de los crustáceos, la astaxantina representa más del 90% de los carotenoides totales en el cuerpo de estos animales (Wade et al., 2012). La ficocianina está relacionada con la pigmentación, ya que aumenta el enrojecimiento del cuerpo a dosis altas, considerándolo un potenciador natural de pigmentación natural en la acuicultura (Yodngam & Hiransuchalert, 2024).

Las microalgas poseen diferentes pigmentos como caroteno, clorofila y astaxantina (Han et al., 2019). En los camarones, la astaxantina se encuentra asociada con proteínas y mediante calor se produce la desnaturalización de la proteína y la visualización del color rojo de la astaxantina (Fuentes et al., 2021; Terrones & Reyes-Avalos, 2022). En la investigación,

las diferentes proporciones de Spirulina en la dieta afectaron el color del cuerpo de los machos de *M. caementarius*, tal es así que con la dieta con 75% de Spirulina se produjeron mayor tonalidad rojiza, según los valores de RGB, lo que indica que hubo asimilación e incorporación del pigmento del polvo de Spirulina. En *L. vannamei* alimentados con harina de agua verde en la dieta muestra una clara diferencia en la coloración rojo/naranja intensa en comparación con la dieta control (Shapawi et al., 2017).

Desde una perspectiva comercial, el color juega un papel decisivo en la evaluación y determinación de la calidad del producto en animales acuáticos (Lim et al., 2018) En tanto el cuerpo de los camarones machos de *M. caementarius* presentan coloración más intensa ya sea en estado crudo con tonalidades oscuras que próximamente producirá coloración rojiza después de la cocción, además que también varía con el ciclo de muda (Fuentes et al., 2021), a diferencia de las hembras que cocidas mantienen solo tono anaranjado en todos los estados de muda (Terrones & Reyes-Avalos 2022). Similar variación de la coloración corporal ha sido reportada en *Dilocarcinus pagei* (Pontes et al., 2020).

La coloración del cuerpo de los crustáceos puede variar debido al grado de dispersión de los pigmentos en los cromatóforos, y la dieta natural no es determinante para el color del cuerpo de *M. caementarius* pues esta varía según el ciclo de muda (Terrones & Reyes-Avalos, 2022), es por ello que se empleó camarones en estado de intermuda. Sin embargo, en la investigación, el número de cromatóforos, el índice de dispersión de cromatóforos y el coeficiente de cromatóforos del cuerpo del camarón fue significativamente mayor con la dieta con 75% de polvo de Spirulina. Esto indica que a mayor concentración del pigmento en la dieta hay mayor acumulación y dispersión en los cromatóforos del cuerpo del camarón. Esto es posible debido a que los camarones pueden metabolizar los pigmentos que se encuentran en los alimentos (Wade et al., 2012). Caso similar sucede cuando se emplea *H. pluvialis* y *A. platensis* en la dieta de *N. davidi*, donde se logra mayor dispersión e intensidad del color de los cromatóforos (Luna-Vivaldo et al., 2024). Además, en la investigación, las dietas con 50% y 75% de Spirulina ocasionaron que el color del cuerpo sea rojo-anaranjado más intenso que, con las otras dietas, lo cual fue evidenciado por los menores valores del IColor. Los valores del IColor de 0 a 0.5 representan el color más intenso, mientras que los valores de 0.6 a 1.0 corresponden a una baja intensidad de color del cuerpo de *Lysmata wurdemanni* (Díaz-Jiménez et al., 2018).

## Composición química del músculo

En el músculo de los adultos de *M. caementarius* hubo acumulación de proteínas en proporción directa con el incremento del polvo de Spirulina en las dietas, lo que indica que hubo mayor asimilación de aminoácidos de las dietas con polvo de microalga, con el cual favorecieron el crecimiento del animal. Similares resultados son reportados en *M. rosenbergii* (Radhakrishnan et al., 2016), *P. vannamei* (Ashour et al., 2024) y *Neocaridina davidi* (Kohal et al., 2018), cuando fueron alimentados con diferentes proporciones de harina de *A. platensis* en la dieta. Además, se conoce que *A. platensis* posee una pared celular muy frágil que requiere solo molienda manual para liberar hasta el 75% de proteínas (Safi et al., 2014). Sin embargo, el contenido de lípidos en el músculo de *M. caementarius* se redujo con el incremento de polvo de Spirulina en la dieta, probablemente por la mala calidad de los lípidos de este polvo comercial, pues el contenido de los lípidos del músculo de los camarones alimentados con la dieta control fue mayor que aquellos alimentados con las dietas experimentales. En *M. rosenbergii*, el nivel de lípidos en el cuerpo disminuye en los camarones alimentados con las dietas que contenían un 75% y 100% de *A. platensis*, lo que se debió al menor contenido de lípidos de *A. platensis* que en la HP (Radhakrishnan et al., 2016), de igual manera sucede en *N. davidi* con el incremento de hasta 10% de harina de *A. platensis* en la dieta (Kohal et al., 2018). Es conveniente utilizar la microalga Spirulina (*A. platensis*) cultivada con nutrientes para que el producto final tenga un balance adecuado de nutrientes necesarios para utilizarlo en dietas de organismos acuáticos.

## VI. CONCLUSIONES

- Las dietas con polvo de Spirulina (*A. platensis*) en reemplazo de la harina de pescado no afectó el crecimiento ni la supervivencia del camarón macho *M. caementarius*.
- Las dietas con 50% y 75% de polvo de Spirulina (*A. platensis*) en reemplazo de la harina de pescado ocasionó coloración rojo-anaranjado más intenso del cuerpo del camarón macho *M. caementarius*.
- La dieta con polvo de Spirulina (*A. platensis*) incrementa el contenido de proteínas, pero disminuye los lípidos y carbohidratos en el músculo del camarón macho *M. caementarius*.
- Los resultados demuestran que las dietas con polvo de Spirulina (*A. platensis*) en las proporciones de 50% y 75% en reemplazo de la harina de pescado incrementan la coloración del cuerpo y se produce mayor de proteínas en el músculo de camarón macho *M. caementarius*.

## VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario investigar el requerimiento de proteína cruda para maximizar el crecimiento de los camarones machos adultos de *M. caementarius*.
- Emplear polvo de la microalga Spirulina (*A. platensis*) cultivada en laboratorio con nutrientes que enriquezcan con proteínas y lípidos necesarios para las dietas de camarones machos adultos de *M. caementarius*.
- Evaluar otras especies de microalgas como insumo para reemplazar a la harina de pescado y utilizarlo en dietas para *M. caementarius*.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., Quiñones, D. & Reyes, W. (2018). Efecto de dietas con lecitina de soya en el crecimiento, muda y supervivencia de machos del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 143-15. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.15>
- Abdel-Moez, A., Ali, M., El-gandy, G., Mohammady, E., Jarmotowicz, S., El-Haron, E., Elsaied, H. & Hassaan, M. (2024). Effect of including dried microalgae *Cyclotella menegheniana* on the reproductive performance, lipid metabolism profile and immune response of Nile tilapia broodstock and offspring. *Aquaculture Reports*, 36, 102099. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102099>
- Ahmad, M., Shariff, M., Yusoff, F., Goh, Y. & Banerjee, S. (2020). Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 328-346. <https://doi.org/10.1111/raq.12320>
- Ahmed, R.A., Jastaniah, S.D., Alaidaroos, B.A., Shafi, M.E., El-Haroun, E., Abd El-Aziz, Y.M., Abd El Megeed, O.H., AL-Qurashi, M.M., Bahshwan, S.M.A., Munir, M.B., Abdul Kari, Z., Mathew, R.T., Eissa, M.E.H., Eissa, E.S.H., Elfeky, A. (2025). Effects of dietary *Spirulina platensis* supplementation on growth performance, whole body composition, antioxidant activity, histological alterations, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 40, 102606. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2024.102606>
- Alvan-Aguilar, M., Tello-Garcia, P., Chu-Ochoa, Y. & Chu-Koo, F. (2023). Replacement of fishmeal with *Tenebrio molitor* meal in diets for crustaceans: Effects on growth and immune response. *Revista Peruana de Investigaciones en Agropecuaria*, 2(2), e51. <https://doi.org/10.56926/repia.v2i2.51>
- Ambas, I., Suriawan, A., & Fotedar, R. (2013). Immunological responses of customised probiotics-fed marron, *Cherax tenuimanus* (Smith 1912) when challenged with *Vibrio mimicus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 35(2), 262–270. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.04.026>
- Ansari, F., Guldhe, A., Gupta, S., Rawat, I. & Bux, F. (2021). Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 43234–43257. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14989-x>

- Apandi, N., Mohamed, R., Al-Gheethi, A. & Kassim, A. (2019). Microalgal biomass production through phycoremediation of fresh market wastewater and potential applications as aquaculture feeds. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(4), 3226-3242. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3937-3>
- Arredondo-Figueroa, J, Pedroza-Islas R, Ponce-Palafox J. & Vernon-Carter E. (2003). Pigmentation of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931 with esterified and saponified carotenoids from red Chile *Capsicum annuum* in comparison to astaxanthin. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 2(2), 101-108.
- Ashour, M., Mabrouk, M. M., Mansour, A. I. A., Abdelhamid, A. F., Kader, M. F. A. El, Elokaby, M. A., El-Nawsany, M. M., Abdelwarith, A. A., Younis, E. M., Davies, S. J., El-Haroun, E., & Naiel, M. A. E. (2024). Impact of dietary administration of *Arthrospira platensis* free-lipid biomass on growth performance, body composition, redox status, immune responses, and some related genes of pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *PLoS ONE*, 19(6), e0300748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300748>
- Baltodano, J., Olivares, E. & Reyes-Avalos, W. (2022). Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y carbohidratos de la dieta con ensilado biológico de harina de maíz en *Cryphiops (C.) caementarius*. *Revista Peruana de Biología*, 29(2), 1722-9933. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i2.21144>
- Ballester, E., Santos, L., Piovesan, V. & Zadinelo, I. (2023). Gross energy levels in practical diets for the Amazon River prawn postlarvae, *Macrobrachium amazonicum*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 51(2): 324-330. <https://doi.org/10.3856/vol51-issue2-fulltext-2965>
- Basri N., Muhamad S., Matanjun P., Mohammad N. & Shapawi R. (2015). The potential of microalgae meal as an ingredient in the diets of early juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Phycology*, 27, 857–863. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0383-6>
- Carrillo, J., Sanchez, D., Hernández, L., Ángeles, O. & Fernández, M. (2018). Reemplazo de harina de pescado con gluten de maíz en dietas de juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): efectos en crecimiento y otros parámetros fisiológicos. *Hidrobiológica* 28(3), 257-263. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n3/hernandez>

- Cornejo, J., Perez, L. & Reyes, W. (2015). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of male shrimp *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) on total and differential hemocytes count. *Revista Bio Ciencias*, 3(3), 173-186. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.03.03.04>
- Dagnino-Leone, J., Figueroa, C.P., Castañeda, M.L., Youlton, A.D., Vallejos-Almirall, A., Agurto-Muñoz, A., Pavón Pérez, J., Agurto-Muñoz, C. (2022). Phycobiliproteins: Structural aspects, functional characteristics, and biotechnological perspectives. *Comput Struct Biotechnol J* 20, 1506–1527. <https://doi.org/10.1016/J.CSBJ.2022.02.016>
- Dawood, MA. (2021). Nutritional immunity of fish intestines: important insights for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 642-63. <https://doi.org/10.1111/raq.12492>
- DecaNet eds. (2025). DecaNet. *Macrobrachium caementarius* (Molina, 1782). [Online]. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1774141#sources>
- Deng, Y., Xie, S., Zhan, W., Peng, H., Cao, H., Tang, Z., Tian, Y., Zhu, T., Jin, M., Zhou, Q. (2024). Dietary astaxanthin can promote the growth and motivate lipid metabolism by improving antioxidant properties for swimming crab, *Portunus trituberculatus*. *Antioxidants* 13, 522. <https://doi.org/10.3390/antiox13050522>
- Díaz-Jiménez, L., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2018). The effect of background colour and lighting of the aquarium on the body pigmentation of the peppered shrimp *Lysmata wurdemanni*. *Aquaculture Research*, 49(11), 3508–3516. <https://doi.org/10.1111/are.13816>
- Díaz, R., Díaz, L. & Reyes-Avalos, W. (2020). Crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con paprika. *Rebiol*, 40(2), 149-150. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.03>
- Ford, A. & Feuerhelm, E. (2020). Effects of the antidepressant fluoxetine on pigment dispersion in chromatophores of the common sand shrimp, *Crangon crangon*: repeated experiments paint an inconclusive picture. *Ecotoxicology*, 29, 1368–1376. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02272-7>

- Fotedar, R. (1998). Nutrition of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith) under different culture environments - a comparative study. Thesis Doctor of Philosophy. Curtin University of Technology Australia. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.11937/2340>
- 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/10.15381/rivep.v32i1.18344>
- Gallardo-Carril, J. & Reyes-Avalos, W. (2020). Dietas con ensilado biológico de harina de maíz mejoran el desempeño productivo del camarón de río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 409-417. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.13>
- Gomes, I., Chavez, F., Barros, R., Moreira, R., Teixeira, E., Moreira, A. & Farias, W. (2012). Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25, 462-471.
- Gonzales-Meza, G., Herrera-Acosta, K., Castillas-Hernández, R., Rentería-Mexia, A., Gortáres-Moroyoqui, P., Gil-Núñez, J., Ibarra-Gámez, J. & Ulloa-Mercado, G. (2022). Dietary supplementation effect of three microalgae on *Penaeus vannamei* growth, biochemical composition, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 50(1), 88-98. <https://doi.org/10.3856/vol50-issue1-fulltext-2773>
- Goytortúa-Bores, E., Civera-Cerecedo, R., Rocha-Meza, S. & Green-Yee, A. (2006). Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture*, 256, 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.035>
- Han, P., Lu, Q., Fan, L. & Zhou, W. (2019). A review on the use of microalgae for sustainable aquaculture. *Applied Sciences*, 9(11), 2377. <https://doi.org/10.3390/app9112377>
- Hogben, L., Slome, D., & B, P. R. S. L. (1931). The pigmentary effector system. VI. The dual character of endocrine co-ordination in amphibian colour change. *Proceedings of*

*the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 108(755), 10–53. <https://doi.org/10.1098/rspb.1931.0020>

Jaime-Ceballos B., Civera, R., Villarreal, H., Galindo, J. & Pérez-Jar, L. (2007). Uso de la harina de *Spirulina platensis* como atrayente en el alimento para el camarón *Litopenaeus schmitti*. *Hidrobiológica*, 17(2), 113-117.

Jiang, X., Zu, L., Wang, Z., Cheng, Y., Yang, Y., & Wu, X. (2020). Micro-algal astaxanthin could improve the antioxidant capability, immunity and ammonia resistance of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *Fish and Shellfish Immunology*, 102, 499–510. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.05.021>

Lima, J., Midones, A., Silva, S., & Tavares-Dias, M. (2015). Técnicas de ablação unilateral como indutor da maturação gonadal no camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*). Comunicado técnico 139, 1-4. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1038264/1/CPAFAP2015COMTEC139Tecnicasdeablacao.pdf>

Khan, A. (2017). Assessment on growth promoting ability of *Chlorella vulgaris* on *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Global Journal of Fisheries and Aquaculture*, 5(1), 400-4008.

Kohal, M., Fereidouni, A., Firouzbakhsh, F. & Hayati, I. (2018). Effects of dietary incorporation of *Arthrospira (Spirulina) platensis* meal on growth, survival, body composition, and reproductive performance of red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Crustacea, Atyidae) over successive spawnings. *Journal of Applied Phycology*, 30, 431-443. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1220-5>

Li, X., Chen, Y., Zheng, Ch., Chi, S., Zhang, S., Tan, B. & Xie, S. (2022). Evaluation of six novel protein sources on apparent digestibility in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 22, Article ID 8225273, <https://doi.org/10.1155/2022/8225273>

Li, W., Li, E., Wang, S., Liu, J., Wang, M., Wang, X., Qin, Ch., Qin, J. & Chen, L. (2025). Comparative effects of four feed attractants on growth, appetite, digestion and absorption in juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Aquaculture*, 594 741441. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741441>

- Lim, K., Yusoff, F., Shariff, M. & Kamarudin, M. (2018). Astaxanthin as feed supplement in aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 10(3), 738-773. <https://doi.org/10.1111/raq.12200>
- Lin, Y., Chang, J., Huang, H., Lee, Ch., Hu, Y., Wu, M., Huang, Ch. & Nan, F. (2023). Improving red-color performance, immune response and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* on white shrimp *Penaeus vannamei* by an engineered astaxanthin yeast. *Scientific Reports*, 13, 2248. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29225-4>
- Liao, Z., Xu, H., Wei, Y., Zhang, Q. & Liang, M. (2018). Dietary astaxanthin differentially affected the lipid accumulation in the liver and muscle of the marine teleost, tiger puffer *Takifugu rubripes*. *Aquaculture Research*, 49, 3421–3433. <https://doi.org/10.1111/are.13806>
- Luna-Vivalvo, I., Perez-Legaspi, I., Jiménez-García, M., Ortega-Clemente, L. & Platas, A. (2024). The coloration of *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) (Caridea, Atyidae) fed with live microalgae *Haematococcus pluvialis* and the cyanobacteria *Spirulina (Arthrospira) platensis*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 52(2), 298-306. <https://doi.org/10.3856/vol52-issue2-fulltext-3000>
- Macias-Sancho, J., Poersch, L., Bauer, W., Romano, L., Wasielesky, W. & Tesser, M. (2014). Fishmeal substitution with *Arthrospira (Spirulina platensis)* in a practical diet for *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and immunological parameters. *Aquaculture*, 426-427, 120-125. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.028>
- Macias-Sancho, J., Holanda, M., Romano, A., Wasielesky, W., Tesser, M. & Poersch, L. (2017). *Arthrospira platensis* filtrada como alimento complementario de juveniles del camarón blanco: efectos sobre crecimiento y sistema inmune. *Boletim Instutos de Pesca*, 43(4), 593 – 604. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n4p593>
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Instituto del Mar del Perú*. (5), 1-172. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1028>

- Mirabent, M., Toledo, S. & Ceballos, J. (2019). Valor nutricional de piensos comerciales cubanos para el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 36(1), 9-16.
- Moreno-Reyes, J., Méndez-Ruiz, C., Díaz, G., Meruane, J. & Toledo, P. (2015). Chemical composition of the freshwater prawn *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Decapoda: Palaemonidae) in two populations in northern Chile: reproductive and environmental considerations. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 745-754. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-13>
- Moscoso, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 27(1-2), 8-207. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2190>
- Moscoso-Muñoz, J., Gomez-Quispe, O. & Guevara-Carrasco, V. (2020). Contenido de energía metabolizable y energía neta del maíz, subproducto de trigo, harina de soya, harina de pescado y aceite de soya para pollos de carne. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 335-344. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.05>
- Natesan, S., Muthuraman, S. & Gopal, S. (2014). Efficacy of dietary supplementation of cyanobacterial meal on growth performance of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius). *Cibtech Journal of Zoology*, 3(1), 61-69.
- Naylor, R., Hardy, R., Buschmann, A., Bush, S., Co, L., Klinger, D., Little, D., Lubchenco, J., Shumway, S. & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591, 561-563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>
- Obaldo, L. G., Divakaran, S., & Tacon, A. G. (2002). Method for determining the physical stability of shrimp feeds in water. *Aquaculture Research*, 33(5), 369-377. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00681.x>
- Pakravan, S., Akbarzadeh, A., Masoud, M., Hajimoradloo, A. & Noori, F. (2017). Partial and total replacement of fish meal by marine microalga *Spirulina platensis* in the diet of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Growth, digestive enzyme activities, fatty acid composition and responses to ammonia and hypoxia stress. *Aquaculture Research*, 48(11), 5576-5586. <https://doi.org/10.1111/are.13379>

- Pereira da Costa, D. & Campos, K. (2019). The use of carotenoid pigments as food additives for aquatic organisms and their functional roles. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1567-1578. <https://doi.org/10.1111/raq.12398>
- Perez-Velazquez, M., Cañedo-Orihuela, H., Feliz-Berumen, R. & González-Felix, M. (2023). Harina de larva de mosca soldado negro y de organismos unicelulares como alternativas proteicas para alimentos acuícolas. *Epistemus*, 17(34), 77-84. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i34.280>
- Pinazo, K., Inicio, A., Campos, S. (2020). Pesquería y condición biológica del camarón *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en ríos de Arequipa-Perú, 2016-2018. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 35, 37–48. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3456>
- Pontes N, Sant'Anna, B & Hattori, G. (2020). Color variation of the freshwater crab *Dilocarcinus pagei* Stimpson, 1861 captured in the Amazon region at Itacoatiara, Amazonas, Brazil. *Nauplius*, 28, e2020026. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020026>
- PRODUCE. (2020). Anuario estadístico pesquero y Acuícola 2019. Ministerio de la Producción del Perú. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>
- Radhakrishnan, S., Saravana, P., Seenivasan, C. & Muralisankar, T. (2014). Replacement of fishmeal with *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Azolla pinnata* on non-enzymatic and enzymatic antioxidant activities of *Macrobrachium rosenbergii*. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 67(2), 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2013.12.003>
- Radhakrishnan, S., Saravana, P., Seenivasan, C. & Muralisankar, T. (2015). Effect of dietary replacement of fishmeal with *Chlorella vulgaris* on growth performance, energy utilization and digestive enzymes in *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 7(5), 62-70. <https://doi.org/10.5897/IJFA15.0471>
- Radhakrishnan, S., Ibrahim E.H. Belal., Seenivasan, C., Muralisankar, T. & Saravana Bhavan, P. (2016). Impact of fishmeal replacement with *Arthrospira platensis* on growth performance body composition and digestive enzyme activities of the

- freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Reports*, 3, 35-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.11.005>
- Reyes, W., Pilco, M. & Olórtegui, K. (2002). Maduración, muda y crecimiento de hembras del camarón de río *Cryphiops caementarius* con ablación del pedúnculo ocular, en condiciones de laboratorio. *Sciéndo*, 13(1-2): 20-27. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/325/302>
- Reyes-Avalos, W. (2016). Efecto del recipiente de cultivo sobre la supervivencia y el crecimiento de machos de *Cryphiops caementarius* en sistemas individualizados. *Revista Bio Ciencias*, 3(4), 311-325. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.04.06>
- Ríos, C., Panini, R., Acordi, L., Vieira, F., Fracalossi, D., Samuels, R., De Dea Lindner, J. & Silva, C. (2021). Effects of the substitution of fishmeal with mealworm meal on enzymes, haemolymph and intestinal microbiota of the Pacific white shrimp. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(6), 1023–1033. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0148>
- Safi, C., Ursu, A.L., Laroche, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P., & Vaca-García, C. (2014). Aqueous extraction of proteins from microalgae: Effect of different cell disruption methods. *Algal Research*, 3, 61-65. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2013.12.004>
- Sang, H. M., & Fotedar, R. (2004). Growth, survival, haemolymph osmolality and organosomatic indices of the western king prawn (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896) reared at different salinities. *Aquaculture*, 234(1–4), 601–614. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.008>
- Sang, H. M., Fotedar, R., & Filer, K. (2011). Effects of dietary mannan oligosaccharide on survival, growth, physiological condition, and immunological responses of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith 1912). *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(2), 230–241. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00459.x>
- Sang, H.M., Kien, N.T., & Thanh, N.T. (2014). Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, survival, physiological, immunological and gut morphological conditions of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius 1798). *Aquaculture Nutrition*, 20(3), 341-348. <https://doi.org/10.1111/anu.12083>
- Santos, M. & Pinheiro, M. (2000). Ablação ocular no camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae): efeitos sobre a reprodução,

pigmentação epidérmica e atividade alimentar. *Revista Brasileira de Zoologia*, 17(3): 667-680. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752000000300012>

Shapawi, R., Basri, N. & Muhd, S. (2017). Green water meal as protein and carotenoid sources in grow-out diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Sains Malaysiana*, 46(12), 2281–2289. <https://doi.org/10.17576/jsm-2017-4612-04>

Sarman, V.; Vishal, R. Mahavadiya, D. & Sapra, D. (2018). Nutritional aspect for freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. *International Journal of Fauna and Biological Studies*. 5(2), 172-175.

Silva-Neto, J., Nunes, A., Sabry-Neto, H. & Carmo Sá, M. (2012). Spirulina meal has acted as a strong feeding attractant for *Litopenaeus vannamei* at a very low dietary inclusion level. *Aquaculture Research*, 43, 430–437. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02846.x>

Sivakumar, N., Sundararaman, M. & Selvakumar, G. (2017). Evaluation of growth performance of *Penaeus monodon* (Fabricius) fed diet with partial replacement of fishmeal by *Spirulina platensis* (Sp.) meal. *Indian Journal of Animal Research*, 52, 1721-1726. <https://doi.org/10.18805/ijar.B-3438>

Situmorang, ML, Nurwidayanti, P. & Suantika, G. (2021). Synbiotic containing *Kappaphycus alvarezii*, *Spirulina* sp. and *Halomonas alkaliphila* improves survival, growth and vibriosis resistance in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) post-larval culture. *Aquatic Living Resource*, 34(10):1– 8. <https://doi.org/10.1051/alr/2021009>

Shukla, S., Ahmad, S., Lodhi, S., Ahmad, A., Shukla, R. & Shukla, S. (2023). Background colour induced modification in general body coloration of freshwater prawn *Macrobrachium lamarrei* (Crustacea-Decapoda). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 11(4): 32-36. <https://doi.org/10.22271/fish.2023.v11.i4a.2822>

Tacon, A., 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación, Documento de campo N° 4. Programa Cooperativo Gubernamental. GCP/RLA/102/ITA. Proyecto Aquila II. FAO-Italia.

Tacon, A. G., & Metian, M. (2015). Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209>

- Tan, K., Zhang, H., Lim, L-S., Ma, H., Li, S., & Zheng, H. (2020). Role of carotenoids in invertebrate immunology. *Frontiers in Immunology*, 10, 3041. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.03041>
- Tantikitti, C. (2014). Feed palatability and the alternative protein sources in shrimp feed. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 36(1): 51-55.
- Terrones, S. & Reyes, W. (2018). Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en co-cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.01>
- Terrones, S. & Reyes-Avalos, W. (2022). Variación del color del cuerpo del camarón *Cryphiops caementarius* durante el ciclo de muda. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(5), e22459. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i5.22459>
- Tomas, A., Sganga, D. & López, L. (2019). Effect of background color and shelters on female pigmentation in the ornamental red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Caridea, Atyidae). *World Aquaculture Society*, 51, 775-787. <https://doi.org/10.1111/jwas.12660>
- Tomas, A., Sganga, D., Marciano, A. & Greco, L. (2020). Effect of diets on carotenoid content, body coloration, biochemical composition and spermatophore quality in the “red cherry” shrimp *Neocaridina davidi* (Caridea, Atyidae). *Aquaculture Nutrition*, 26(4), 1198-1210. <https://doi.org/10.1111/anu.13076>
- Viacava, M. & Llanos, J. (1978). Estudio del camarón en el Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 3(5), 165-232. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/977>
- Vogt, G. (2019). Functional cytology of the hepatopancreas of decapod crustaceans. *Journal of Morphology*, 280(9), 1405–1444. <https://doi.org/10.1002/jmor.21040>
- Wade, N., Anderson, M., Sellars, M., Tume, R., Preston, N. & Glencross, B. (2012). Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon*. *The Journal of Experimental Biology*, 215(2), 343-350. <https://doi.org/10.1242/jeb.064592>.
- 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), 13-32. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12942>

- Yodngam, P. & Hiransuchalert, R. (2024). Coloration enhancement in *Procambarus clarkii* crayfish through dietary supplementation of phycocyanin extracted from *Arthrospira platensis* BUUC1503. *Veterinary World*, 17(12), 2231-0916 <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.2899-2908>
- Yudiati, E., Sedjati, S., Azhar, N., Oktarima, W.A., & Arifin, Z. (2021). Spirulina Water Extract and Lactobacillus bulgaricus FNCC – 0041, *Streptococcus thermophilus* FNCC – 0040 Secretion as Immunostimulants in Gnotobiotic Artemia Challenge Tests Against Pathogenic *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, and *V. harveyi*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 890(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/890/1/012018>
- 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. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2989>
- Zidan, S., Eid, A., Ali, M. & Sharawy, Z. (2021). Effect of using different levels of *Spirulina platensis* on growth performance of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Egyptian J. Nutrition and Feeds*, 24(3), 431-437. <https://doi.org/10.21608/ejnf.2021.210843>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Procedimiento para calcular los índices organosomáticos, mediante disección de hepatopáncreas y músculo del abdomen de *M. caementarius*.



Diseccionamos y retiramos la hepatopáncreas y músculo de *M. caementarius*.

Colocamos en placas Petri



Secado en estufa 109 °C por 24 h y pesamos

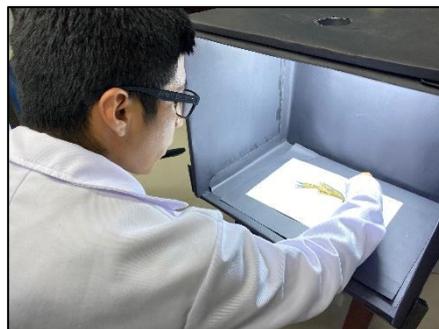


Pesado en húmedo de la hepatopáncreas y músculo

**Anexo 2.** Procedimiento para captura de imágenes digitales del cuerpo de *M. caementarius*.



Cocción (100 °C) por 1 min



Sistema de captura de imágenes digitales



Captura de imágenes digitales con cámara profesional (24.2 megapíxeles)

**Anexo 3.** Composición química proximal del músculo del camarón *M. caementarius* alimentado con diferentes proporciones de polvo de Spirulina (*A. platensis*).

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**  
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189

**INFORME DE ANÁLISIS  
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
RUC	: 20148209109
REF.	: WALTER REYES AVALOS
MUESTRA	: PY SPIRULINA
ANÁLISIS A REALIZAR	: ANÁLISIS PROXIMAL
FECHA DE INGRESO	: 16 DE OCTUBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRA

DETERMINACIÓN	UNIDADES	T0M
HUMEDAD	%	2.41
PROTEÍNAS	%	21.06
GRASAS	%	6.89
CENIZAS	%	7.86
FIBRA	%	2.19

Proteína: NTP 205.005/79; Grasa: NTP 205.006/80; Fibra: NTP 205.002/79; Cenizas: NTP 205.004/79

ANÁLISIS DE MUESTRA

DETERMINACIÓN	UNIDADES	T1M
HUMEDAD	%	3.23
PROTEÍNAS	%	23.18
GRASAS	%	6.64
CENIZAS	%	7.74
FIBRA	%	2.71

Proteína: NTP 205.005/79; Grasa: NTP 205.006/80; Fibra: NTP 205.002/79; Cenizas: NTP 205.004/79

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL  
CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**  
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189

ANÁLISIS DE MUESTRA

DETERMINACIÓN	UNIDADES	T2M
HUMEDAD	%	3.11
PROTEÍNAS	%	24.00
GRASAS	%	6.57
CENIZAS	%	7.70
FIBRA	%	2.54

Proteína: NTP 205.005/79; Grasa: NTP 205.006/80; Fibra: NTP 205.002/79; Cenizas: NTP 205.004/79

ANÁLISIS DE MUESTRA

DETERMINACIÓN	UNIDADES	T3M
HUMEDAD	%	3.06
PROTEÍNAS	%	24.37
GRASAS	%	6.48
CENIZAS	%	7.65
FIBRA	%	2.61

Proteína: NTP 205.005/79; Grasa: NTP 205.006/80; Fibra: NTP 205.002/79; Cenizas: NTP 205.004/79  
TRUJILLO 24 DE OCTUBRE DEL 2023

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL  
CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

**Anexo 4.** Composición química de Spirulina (*A. platensis*),

**ZHJ 再回春 Inner Mongolia Rejuve Biotech Co., Ltd**  
Add: Spirulina Industrial Park, Ulan Town, Erdos, Inner Mongolia 016100, China  
Tel: 0086-18504779571 Fax: 0086-477-2282162

**Inner Mongolia Rejuve Biotech Co.,Ltd.**

SPIRULINA POWDER CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product Name: Spirulina Powder Latin name: *Arthrospira Platensis*  
Batch Number: SP0620211008 Date of production: 20211008  
Shelf Life: two years Expiry Date: 20231007

Test Items	Standard	Results	Test Methods
Appearance	Dark Green Powder	Complies	Visual
Protein	≥60%	66.5%	GB5009.5-2010
Phycocyanin	≥8%	13.54%	SNT 1113-2002
Chlorophyll	≥1%	1.3%	SNT 1113-2002
Carotenoids	≥0.3	0.310%	GBT5009.83-2003
Moisture	≤7%	6.1%	GB5009.3-2016
Ash	≤8%	6.9%	GB5009.4-2016
Pb	≤1 ppm	0.38 ppm	GB 5009.12-2017
As	≤1 ppm	0.60 ppm	GB 5009.11-2003
Cadmium	≤0.2 ppm	0.01 ppm	GB 5009.15-2014
Hg	≤0.1 ppm	0.01 ppm	GB 5009.17-2003
Total Bacteria	≤10,000cfu/g	2,000	GB 4789.2-2010
Coliforms	Not detected	Not detected	GB 4789.11.3-2010
Yeast and Mould	≤1000cfu/g	<100cfu/g	GB 4789.15-2010
Staphylococcus	Not detected	Not detected	GB 4789.10-2010
Salmonella	Not detected	Not detected	GB 4789.4-2010
Shigella	Not detected	Not detected	GB 4789.5-2003
Mesh	99% through 80 mesh	Complies	

To store at 0°C—20°C and to avoid light and heat

Quality Assurance Officer:   
Inspector: 

**Inner Mongolia Rejuve Biotech Co., Ltd.**