



Alimento balanceado comercial de langostino permite un buen crecimiento, supervivencia e inmunidad de robalo (*Centropomus spp.*)

Commercial balanced shrimp feed allows good growth, survival and immunity of snook (*Centropomus spp.*)

Carlos Arturo Ramos Mogollón¹; Liz Roxana Palas García¹; Auberto Hidalgo Mogollón^{1, 2}; John E. Sandoval-Ramayoni^{1, 2}; Tessa Peralta-Ortiz^{1, 2}; Oscar Mendoza^{1, 2}; Alberto Ordinola-Zapata^{1, 2, 3, 4, *}

1 Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar, Universidad Nacional de Tumbes. Calle Los Ceibos S/N, Puerto Pizarro, Perú.

2 Grupo de Acuicultura Tropical (Aquatrop), Universidad Nacional de Tumbes. Calle Los Ceibos S/N, Puerto Pizarro, Perú.

3 Laboratorio de Acuicultura II, Universidad Nacional de Tumbes. Calle Los Ceibos S/N, Puerto Pizarro, Perú.

4 Grupo de Biodiversidad Acuática Tropical (Biotrop), Universidad Nacional de Tumbes. Calle Los Ceibos S/N, Puerto Pizarro, Perú.

* Autor corresponsal: aordinolaz@untumbes.edu.pe (A. Ordinola-Zapata).

ORCID de los autores:

A. Hidalgo Mogollón: <https://orcid.org/0000-0003-2921-4523>

O. Mendoza: <https://orcid.org/0000-0002-9637-6250>

J. E. Sandoval-Ramayoni: <https://orcid.org/0000-0003-4038-9375>

A. Ordinola-Zapata: <https://orcid.org/0000-0002-9644-0531>

T. Peralta-Ortiz: <https://orcid.org/0000-0001-5907-7713>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres dietas basadas en alimento balanceado comercial para langostino (AB) con 28% de proteína, pipona (*Gambusia affinis*) y pota (*Dosidicus gigas*) en el crecimiento, supervivencia y parámetros sanguíneos de robalo (*Centropomus spp.*). El experimento duró 8 semanas, tuvo tres tratamientos con dos repeticiones (tanques de 3 m³) en los que se sembró robalos de 10,9 g, a densidad de 3,3 ejemplares/m², el alimento se aplicó una vez al día. Al final del experimento los ejemplares que recibieron la dieta AB tuvieron un peso y longitud total que fueron significativamente superiores a los de las otras dietas. La supervivencia y porcentaje de linfocitos en sangre fue mayor con AB y pota. Pero, el recuento de eritrocitos y el hematocrito fue menor en los peces alimentados con AB, posiblemente por la deficiencia de hierro de esta dieta. Se concluyó que el alimento balanceado comercial para langostino con 28% de proteína permitió un buen crecimiento, supervivencia y porcentaje de linfocitos, y que si se suplementa con hierro puede ser una buena opción para la alimentación de robalos en cultivo.

Palabras clave: Acuicultura; Centropomidae; nutrición, eritrocitos, leucocitos.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of three diets based on commercial balanced food for shrimp (AB) with 28% protein, pipona (*Gambusia affinis*) and jumbo squid (*Dosidicus gigas*) on the growth, survival and blood parameters of snook (*Centropomus spp.*). The experiment lasted 8 weeks, it had three treatments with two repetitions (3 m³ tanks) in which 10.9 g snooks were stocked, at a density of 3.3 specimens/m², the food was applied once a day. At the end of the experiment, the specimens that received the AB diet had a total weight and length that were significantly higher than those of the other diets. Survival and percentage of lymphocytes in blood was higher with AB and jumbo squid. But, the erythrocyte count and hematocrit were lower in AB-fed fish, possibly due to the iron deficiency of this diet. It was concluded that the commercial balanced food for shrimp with 28% protein allowed good growth, survival and percentage of lymphocytes, and that if supplemented with iron it can be a good option for feeding snooks in culture.

Keywords: Aquaculture; Centropomidae; nutrition; erythrocytes; leukocytes.

Recibido: 11-04-2023.

Aceptado: 04-09-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La diversificación de especies en la acuicultura es necesaria para el éxito de la misma, la dependencia de una o pocas especies para cultivar es un riesgo para esta actividad, puesto que su capacidad de resiliencia se reduce frente al cambio climático, enfermedades y fluctuaciones del mercado (Cai et al., 2023). El mejor ejemplo de diversificación acuícola es China, la primera potencia acuícola del mundo, donde se cultivan más de 800 especies de organismos acuáticos (Yue et al., 2023); en cambio en los países de Latinoamérica el número de especies cultivadas a gran escala es muy bajo (Berger, 2020), en particular en Perú a pesar de que en 2022 se cultivaron 12 especies, el 94,6% de su producción se concentró solo en tres de ellas: trucha, langostino y concha de abanico (Ministerio de la Producción, 2023). El cultivo de una nueva especie presenta una serie de retos debido a que habitualmente ésta no cuenta con una tecnología desarrollada ni los insumos necesarios, una solución rápida puede ser tomar aquellas tecnologías e insumos que corresponden al cultivo de otra especie bien establecida, tal es el caso del alimento balanceado.

Los peces del género *Centropomus* son denominados con el nombre común de robalo, son peces carnívoros (Macés, 2023); varios de los cuales son nativos del departamento de Tumbes, en la zona norte del Perú (Fonseca, 2022; Ordinola, 2020). Los robalos tienen potencial para la acuicultura pues se adaptan al cautiverio, tienen una buena tasa de crecimiento, pudiendo varias de sus especies alcanzar talla comercial en 6 meses, así también pueden resistir bajos tenores de oxígeno disuelto logrando buenos ratios de conversión de alimento (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008; Arenas et al., 2022; Pedrotti et al., 2018; Polonía et al., 2017; Souza et al., 2017; Zambrano et al., 2022), los alevines o juveniles de robalos comúnmente ingresan a los estanques de cultivo de langostino (*Litopenaeus vannamei*), actuando

inicialmente como competidores y posteriormente como depredadores; en las operaciones de cosecha de langostino es habitual encontrar varios ejemplares de robalo, esto demuestra su adaptación al cautiverio y su consumo de alimento balanceado de langostino (Sandoval & Ramírez, 2019).

El cultivo de robalo se ha realizado de manera experimental en varios países, se ha investigado respecto a la dieta más adecuada para éstos, habiéndose ensayado dietas como: alimento balanceado para peces (trucha y cobia) (con 45 a 50% de proteína), pescado fresco, camarón de río, calamar así como alimentos formulados *ad-hoc* (Arenas et al., 2022; Baque & Lema, 2020; Hernández et al., 2022; Lemus et al., 2018; Polonía et al., 2017; Polonía, 2022; Polonía-Rivera et al., 2017).

Si bien es cierto que al tratarse de peces carnívoros se considera que deberían requerir de una dieta con un alto contenido proteico, sin embargo dicho requerimiento puede disminuir en especies cultivadas a temperaturas altas y a salinidades bajas (como ocurre en el cultivo de robalo), así se tienen reportes de peces carnívoros cultivados con dietas de hasta 20% de proteína (Kaewtapee et al., 2022; Teles et al., 2020).

El cultivo de langostino es la principal actividad acuícola del norte del Perú, en éste se utiliza alimento balanceado comercial con niveles de proteína de 28% a 40% por lo que es un tipo de alimento que está disponible en la zona (Castro & Ordinola-Zapata, 2021; Guillen & Rivera, 2013), debido a ello se estima podría ser utilizado en cultivos piloto de robalo; sin embargo luego de realizar la revisión de literatura científica no se localizó ninguna investigación en la que se evalúe el efecto que tiene el alimento comercial de langostino en el crecimiento, supervivencia y los parámetros inmunológicos del robalo, por ello esta investigación se propuso evaluar dicho efecto, comparándolo con el efecto de otras dos dietas utilizadas para el cultivo del robalo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de los ejemplares de robalo

Se recolectaron 60 juveniles de robalo (*Centropomus* spp.) con peso promedio de alrededor de 10 g, estos fueron capturados, usando una atarraya en los canales de marea del manglar de Puerto Pizarro, fueron transportados en baldes con agua de la zona de recolección hasta el Laboratorio de Acuicultura II de la Universidad Nacional de Tumbes (Puerto Pizarro, Tumbes, Perú). Los robalos fueron desinfectados sumergiéndolos brevemente en una solución de 4% de NaCl con azul de metileno, luego fueron colocados por algunos días en cuarentena.

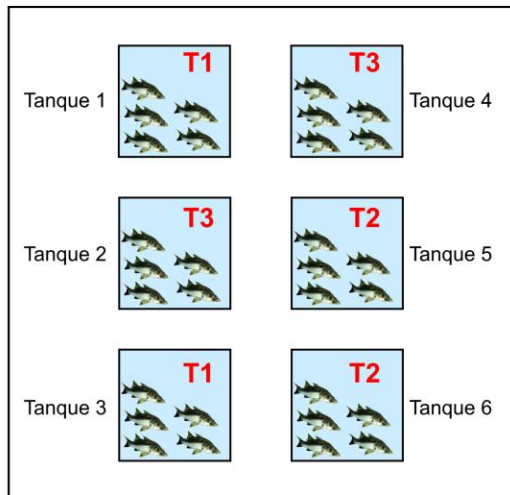
Preparación de las dietas

Las dietas a ensayarse fueron: 1) alimento balanceado de langostino con 28% de proteína y 5% de grasa, en presentación de *pellets* de 2 mm de diámetro, el cual fue obtenido por donación de

una empresa langostinera de la zona; 2) pez forraje pipona (*Gambusia affinis*), recogido periódicamente de los canales de marea de Puerto Pizarro y administrado como alimento vivo y 3) pota (*Dosidicus gigas*), adquirida de un mercado local y administrada en trozos.

Ensayo de cultivo con diferentes dietas

Se utilizó un diseño completamente al azar y tuvo tres tratamientos consistentes en las dietas administradas: alimento balanceado de langostino, pez forraje (pipona) y trozos de pota. Cada tratamiento tuvo dos repeticiones que fueron tanques con 3 m³ de agua a una salinidad de 30‰ en cada uno de los cuales se sembraron 10 ejemplares de robalos de 10,9 g y 9,1 cm, de peso y longitud total promedio respectivamente. Los tratamientos se asignaron de manera aleatoria a cada uno de estos tanques (Figura 1).

**Tratamientos:****T1:** Alimento balanceado de langostino**T2:** Pez forraje pipona (*Gambusia affinis*)**T3:** Trozos de pota (*Dosidicus gigas*)**Figura 1.** Esquema del experimento que usó diferentes dietas en el cultivo del robalo (*Centropomus* spp.)

La tasa de alimentación a la que se administró el alimento balanceado fue al inicio del experimento de 10% y al final del mismo de 5% (peso de alimento/ biomasa de robalos); en el caso de la pota, se cortó el manto en trozos y fue administrada cruda a una tasa de alimentación equivalente al 10%; mientras que en el caso de la pipona, se administró viva y a una tasa de alimentación equivalente al 5% de la biomasa. El cultivo se desarrolló durante 8 semanas, tiempo en el cual se alimentó diariamente a los robalos con una frecuencia de una vez al día. Los tanques

fueron sifoneados periódicamente para retirar restos de comida y heces, así también se repuso el nivel de agua que fue perdido por los sifoneos y por la evaporación.

Desde el inicio del experimento y de manera semanal se registró el peso, longitud total y supervivencia de los ejemplares, así también al inicio y fin del ensayo se realizó el recuento de eritrocitos, determinación del hematocrito y fórmula leucocitaria de dichos ejemplares, para estos últimos análisis se extrajo de cada ejemplar una muestra de 1 ml de sangre heparinizada de la vena caudal. Asimismo, se registró semanalmente los niveles de oxígeno, temperatura y pH del agua de cultivo en cada tratamiento.

Con los datos de peso y longitud se calcularon la ganancia en peso (WG), la tasa de crecimiento específico (SGR) y el factor de condición (CF) con las siguientes fórmulas:

$$WG (\%) = [(FBW - IBW) / IBW] \times 100 \quad (1)$$

$$SGR (\%/d) = [(\ln FBW - \ln IBW) / D] \times 100 \quad (2)$$

$$CF = [FBW / TL^3] \times 100 \quad (3)$$

Siendo FBW e IBW el peso corporal final (g) y el peso corporal inicial (g), respectivamente, D el número de días de cultivo y TL la longitud total (cm).

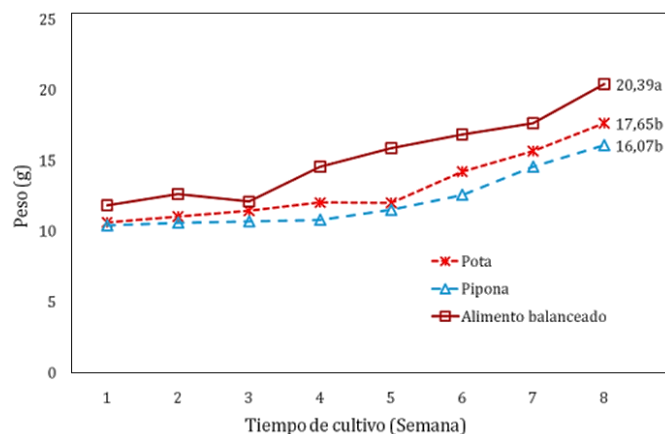
Análisis de datos

Los datos de crecimiento en peso, longitud total y supervivencia fueron evaluados mediante análisis de varianza y prueba de Duncan, ambos a un nivel de significancia de 0,05 a fin de determinar la existencia de diferencia estadística significativa entre ellos. Los datos de la composición hematológica fueron comparados de manera descriptiva. Los análisis se realizaron utilizando el software R 4.1.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Crecimiento en peso y talla de *Centropomus* spp.**

Durante las 8 semanas de cultivo, el crecimiento, tanto en peso como en longitud total del robalo (Figuras 2 y 3) fueron consistentemente superiores en los ejemplares alimentados con alimento balanceado de langostino, seguido de los alimentados con pota y finalmente, los alimentados con pipona. Al final de las 8 semanas de cultivo, el peso del robalo con la dieta de alimento balanceado de langostino fue de 20,39 g, siendo estadísticamente

superior ($p < 0,05$) a los pesos logrados con pota y pipona, 17,65 g y 16,07 g, respectivamente. Así también la longitud total alcanzada por el robalo al final del experimento fue mayor en los animales a los que se administró alimento balanceado (13,39 cm), no siendo estadísticamente diferente a la longitud total obtenida usando como alimento pota, pero siendo ambos superiores estadísticamente a la longitud total obtenida con la alimentación empleando pipona ($p < 0,05$).

**Figura 2.** Crecimiento en peso de *Centropomus* spp. con tres dietas.

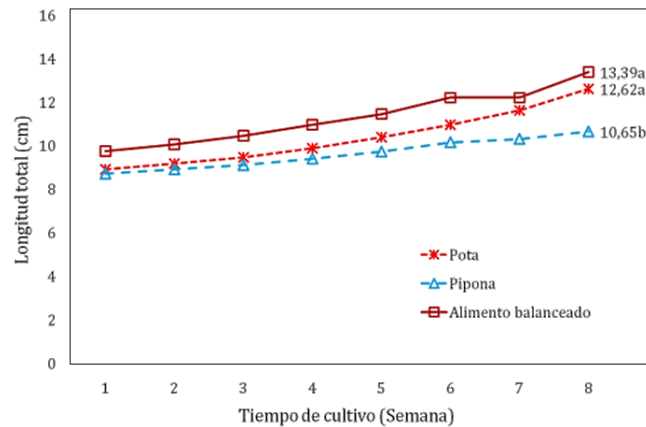


Figura 3. Crecimiento en longitud total de *Centropomus* spp. con tres dietas.

Los parámetros de crecimiento logrados con los tres tratamientos (Tabla 1) fueron superiores con el alimento balanceado de langostino, habiéndose obtenido una ganancia de peso de 72,5%, y una tasa de crecimiento específico de 0,97%/d. Respecto al factor de condición, éste fue mayor en los robalos alimentados con pipona (1,33) siendo menor con el alimento balanceado y la pota (0,85 y 0,88 respectivamente).

Tabla 1

Parámetros de crecimiento de *Centropomus* spp. con tres dietas

Parámetro	Tratamiento		
	Pota	Pipona	Alimento balanceado
Ganancia en peso (%)	66,4	54,5	72,5
Tasa de crecimiento específico (%/d)	0,91	0,78	0,97
Factor de condición	0,88	1,33	0,85

Los robalos alimentados con alimento balanceado de langostino lograron un mayor crecimiento tanto en peso como en longitud total, así como en ganancia en peso y en tasa específica de crecimiento lo que puede justificarse debido a que el alimento balanceado de langostino fue mucho más rico en proteína (28%) que los otros alimentos ensayados que fueron la pipona, cuyo nivel proteico en base fresca ha sido establecido en $14,59 \pm 0,62\%$ (Ibrahim, 2010), así como el manto de la pota que tiene un nivel proteico de $14,3 \pm 0,6\%$ en base fresca (Cortés-Ruiz et al., 2008).

La tasa específica de crecimiento en los tres alimentos (entre 0,78 a 0,97%/d) fue superior a la reportada por Liebl (2013), quien usando alimento balanceado con 50% de proteína obtuvo tasas entre 0,19 y 0,30%/d en robalos (*C. parallelus* y *C. undecimalis*), así como a las reportadas por Noffs et al. (2015), quienes utilizando alimento balanceado con 45% de proteína para alimentar robalos solo obtuvieron tasas entre 0,63 a 0,78%/d, sin embargo fue inferior a las tasas reportadas por Herrera et al. (2019), quienes emplearon un alimento balanceado con 41,8% de proteína, y obtuvieron tasas entre 1,69 y 2,22%/d, aunque estas tasas más altas pueden justificarse debido a que estos

últimos autores evaluaron el efecto de altas frecuencias de alimentación (entre 6 a 18 veces al día) en el crecimiento de robalo, por lo que obtuvieron mayores tasas de crecimiento por la mayor frecuencia de alimentación. Sin embargo, se ha encontrado que al alimentar a los robalos con alimento balanceado de langostino con 28% de proteína se ha logrado obtener crecimientos superiores a los logrados con otros tipos de alimentos balanceados con mayores niveles de proteína.

Por otro lado, el factor de condición, fue de 0,85, 0,88 y 1,33; los dos primeros valores fueron similares a los observados por Liebl (2013), quien obtuvo factores de condición entre 0,75 y 0,92 cuando alimentó dos especies de robalo con alimento balanceado con alto nivel de proteína (50%). En la presente investigación se evidenció un mayor peso respecto a la longitud total en los robalos alimentados con pipona, lo cual se podría justificar por una mayor acumulación de grasa en estos peces lo que incrementaría su peso sin incrementar su longitud, esto podría haber ocurrido por los niveles de lípidos en cada una de las dietas suministradas (Arenas et al., 2021), los cuales fueron bajos en pota ($0,9 \pm 0,4\%$) (Cortés-Ruiz et al., 2008), mayores en el alimento balanceado de langostino (5%), y mucho mayores en el caso de la pipona ($6,56 \pm 0,79\%$) (Ibrahim, 2010).

Supervivencia de *Centropomus* spp.

No se produjo mortalidad alguna en los robalos durante las 5 primeras semanas en cultivo en ninguno de los tratamientos (Figura 3), posteriormente la supervivencia se redujo en los tratamientos en que se aplicó alimento balanceado y pipona, sin embargo no hubo diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos alimentados con pota y con alimento balanceado de langostino, los que lograron la máxima supervivencia, siendo superiores estadísticamente ($p < 0,05$) a los obtenidos con la alimentación basada en pipona.

La supervivencia de los robalos fue máxima en aquellos alimentados con alimento balanceado y con pota (entre 85 a 100%), siendo superior a los alimentados con pipona (75%).

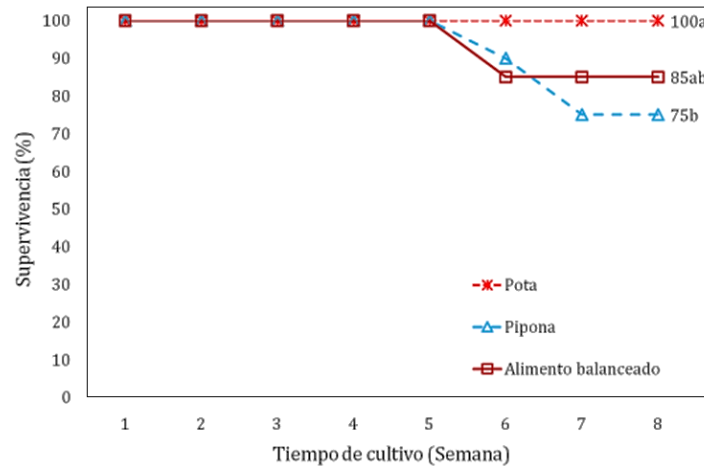


Figura 3. Supervivencia de *Centropomus* spp. con tres dietas.

Altas supervivencias son comunes en experimentos de alimentación de robalos con rangos entre 96,7 a 100% como los reportados por Arenas et al. (2021), Oliveira et al. (2019) y Herrera et al. (2019), por lo que haber obtenido altas supervivencias en el experimento realizado es compatible con las supervivencias observadas en otras investigaciones.

Parámetros hematológicos de *Centropomus* spp.

En la Tabla 2 se observa que el recuento de eritrocitos en los robalos fue inicialmente de $3,108 \times 10^6$ células/ml, dicho valor varió al final del periodo de cultivo según los diferentes tratamientos, observándose que el recuento más alto se dio en el caso de los ejemplares alimentados con pota ($4,345 \times 10^6$ células/ml) y el más bajo con alimento balanceado ($1,945 \times 10^6$ células/ml).

Respecto al hematocrito, en el caso de los robalos alimentados con pota, éste fue de 32,0% al inicio del ensayo, incrementándose al final del ensayo (35,0%), siendo menor en los que recibieron alimento balanceado de langostino (13,5%). Respecto a los leucocitos presentes en sangre, al inicio los principales componentes celulares fueron los linfocitos con 55,8% y neutrófilos con 42,8%, pero al final del ensayo se observó disminución en el porcentaje de neutrófilos e incremento de linfocitos, dicha variación fue mayor en los ejemplares a los que se administró alimento balanceado de langostino, en los cuales el porcentaje de neutrófilos fue de 18,0% mientras que el porcentaje de linfocitos se incrementó a 81,0%. Un tercer componente celular presente en el análisis de leucocitos fueron los monocitos, que se hallaron en una proporción muy baja, inicialmente fueron 1,5% de los leucocitos en sangre de los robalos y al final del experimento, dicho porcentaje varió ligeramente en cada tratamiento incrementándose a 2,5% en el caso de los alimentados con pota y reduciéndose a 1,0% en el caso de los alimentados con alimento balanceado de langostino.

Respecto a los parámetros hematológicos registrados en los ejemplares de robalo, los valores observados del recuento de glóbulos rojos (RBC) fueron en su mayoría superiores a los de los reportados por Barbosa et al. (2011) para

Centropomus parallelus en cultivo con probióticos. Se hallaron entre $2,2 \times 10^6$ y $2,9 \times 10^6$ células/ml y por Seriani et al. (2013) para *C. parallelus* silvestres ($2,3 \times 10^6$ a $2,7 \times 10^6$), la única excepción fue en el caso de los robalos alimentados con alimento balanceado que tuvieron un valor promedio de $1,945 \times 10^6$ células/ml, inferior a los reportados por dichos estudios.

Tabla 2

Parámetros hematológicos de *Centropomus* spp. con tres dietas

Parámetro	Inicial	Tratamiento		
		Pota	Pipona	Alimento balanceado
Eritrocitos (10^6 cél/ml)	3,108	4,345	3,331	1,945
Hematocrito (%)	32,0	35,0	18,5	13,5
Leucocitos (%)				
Neutrófilos	42,8	28,0	35,0	18,0
Monocitos	1,5	2,5	1,5	1,0
Linfocitos	55,8	69,5	63,5	81,0

Sin embargo, los valores del RBC y del hematocrito se hallaron dentro del rango establecido para varias especies de peces tanto en estado silvestre como en cultivo, que están entre $0,81 \pm 0,22 \times 10^6$ células/ml hasta $3,73 \pm 0,40 \times 10^6$ células/ml (Fazio, 2019), a excepción del conteo de RBC en los ejemplares alimentados con pota que fueron de $4,345 \times 10^6$ células/ml. En cuanto al hematocrito también se halló en el rango registrado para varias especies de peces que está entre $17,8 \pm 5,80\%$ y $53,33 \pm 4,42\%$ (Fazio, 2019); una excepción a esto fue el caso del hematocrito observado en los robalos alimentados con alimento balanceado de langostino que fue de 13,5%. El recuento de eritrocitos al inicio del experimento fue de $3,108 \times 10^6$ células/ml, pero al final del experimento variaron mucho de acuerdo a los tratamientos empleados, así los ejemplares de robalo alimentados con pota tuvieron un recuento de eritrocitos muy alto ($4,345 \times 10^6$ células/ml) que se puede explicar por el hecho que la pota tiene un buen contenido de hierro ($0,19$ mg/100 g) (Carranco-Jáuregui et al., 2020), este mineral es necesario para producir eritrocitos en los vertebrados lo cual explicaría el mayor RBC y de hematocrito en robalos alimentados con pota; por

otro lado el alimento balanceado de langostino no tiene suplementación de hierro, debido a que el langostino no requiere niveles muy altos de este mineral, dado que su organismo no sintetiza hemoglobina sino hemocianina (que requiere de cobre); el langostino puede satisfacer sus necesidades de hierro normalmente absorbiéndolo del agua por sus branquias y superficie corporal (Sookying et al., 2013), por ello es probable que haya habido una deficiencia en hierro en los robalos que se alimentaron con alimento balanceado de langostino, lo cual explicaría el nivel más bajo de RBC y hematocrito, estos valores obtenidos en el caso de los peces alimentados con alimento balanceado de langostino así como con pipona, indicarían que los peces mostraron anemia pues su hematocrito fue menor a 20% que es el límite por debajo del cual se declara anemia en varias especies de peces (Barandica, 2010; Grant, 2015). A pesar de que la dieta a base de pota aportó mayor contenido de hierro esto no implicó un mejor desempeño en el crecimiento de los robalos, lo cual es coherente con lo indicado por Roeder & Roeder (1966), quienes señalan que la suplementación de hierro no tiene ningún efecto en mejorar el crecimiento de peces.

Por otro lado, respecto a la composición por tipo de leucocitos en los robalos, al inicio del experimento se halló que los tipos más abundantes fueron los linfocitos (55,8%) y neutrófilos (42,8%). Los niveles mayores de neutrófilos y la reducción del porcentaje de linfocitos en dicho momento, pueden haberse debido al mayor nivel de estrés que experimentaron los robalos silvestres cuando fueron capturados y mientras se acostumbraban al cautiverio, pues como manifiestan Barandica (2010) y Witeska (2005), los peces cuando se hallan en estado de estrés pueden reducir su número de linfocitos e incrementar los fagocitos, entre ellos los neutrófilos. Sin embargo, al final del

experimento en todos los tratamientos se redujo el porcentaje de neutrófilos y se incrementó el de linfocitos, lo cual implicaría un menor nivel de estrés en los peces debido a que luego de 8 semanas ya se habrían acostumbrado al cautiverio; por otra parte el cambio en el porcentaje de neutrófilos y linfocitos fue mayor en el caso de los robalos alimentados con alimento balanceado de langostino, lo cual podría estar relacionado con el mayor nivel proteico de dicha dieta así como a que ésta contó con los 10 aminoácidos esenciales para un langostino, que son los mismos para los peces óseos (Barandica, 2010; Jannathulla et al., 2017).

Según Pohlenz & Gatlin (2014), dietas para peces que contienen los aminoácidos esenciales pueden potenciar el sistema inmune a través de incrementar la actividad fagocítica así como la memoria inmune, actividades que están relacionadas con células inmunes tales como neutrófilos y linfocitos, por ello es lógico que el porcentaje de linfocitos sea mayor en el caso de dicho tratamiento comparado con dietas que no cubrieron todos los aminoácidos esenciales como fueron la pota y la pipona.

En resumen, como observa en la Tabla 3, en la que se comparan los principales parámetros evaluados en este ensayo con los reportados por otros estudios; éstos fueron en su mayoría similares, lo cual indica que las dietas administradas fueron bastante eficientes; asimismo, la dieta basada en alimento balanceado para langostino con 28% de proteína, mostró resultados prometedores, permitiendo una adecuada tasa de crecimiento, factor de conversión y alta supervivencia; aunque los parámetros hematológicos de los robalos no fueron satisfactorios al evidenciar un bajo RBC y hematocrito, indicadores de anemia por la deficiencia de hierro en el alimento balanceado de langostino; sin embargo esto se podría mejorar con la suplementación del alimento con hierro.

Tabla 3

Comparación de parámetros evaluados en esta investigación con los correspondientes a otros estudios similares

Parámetro evaluado	Este estudio				Otros estudios	
	Inicial	Pota	Pipona	Alimento balanceado de langostino	Valores y autores	Comentarios
Tasa de crecimiento específico (%/d)	---	0,91	0,78	0,97	0,19 y 0,30 (Liebl, 2013) 0,63 a 0,78 (Noffs et al., 2015) 1,69 y 2,22 (Herrera et al., 2019)	Alimento balanceado con 50% de proteína en: <i>C. parallelus</i> y <i>C. undecimalis</i> Alimento balanceado con 45% de proteína Alimento balanceado con 41,8% de proteína, en altas frecuencias
Factor de condición	---	0,88	1,33	0,85	0,75 y 0,92 (Liebl, 2013)	Alimento balanceado con 50% de proteína, en las especies: <i>C. parallelus</i> y <i>C. undecimalis</i>
Supervivencia (%)	---	75	100	85	96,7 a 100 (Arenas et al., 2021; Oliveira et al. 2019; y Herrera et al., 2019) 2,2 a 2,9 (Barbosa et al., 2011)	Diversas especies de <i>Centropomus</i> <i>Centropomus parallelus</i> en cultivo
Eritrocitos (10 ⁶ cél/ml)	3,108	4,345	3,331	1,945	2,3 a 2,7 (Seriani et al., 2013) 0,81 a 3,73 (Fazio, 2019)	<i>Centropomus parallelus</i> silvestres Diferentes especies de peces silvestres y de cultivo
Hematocrito (%)	32,0	35,0	18,5	13,5	17,8 a 53,33 (Fazio, 2019) <20 (anemia en peces) (Barandica, 2010; Grant, 2015)	Diferentes especies de peces silvestres y de cultivo Varias especies de peces

CONCLUSIONES

La dieta basada en alimento balanceado comercial para langostino con un 28% de proteína es una alternativa viable para lograr un adecuado crecimiento de los robalos *Centropomus* spp., obteniendo además una buena respuesta celular inmune basada en linfocitos; sin embargo dicho alimento debe ser suplementado con hierro a fin de evitar una reducción del recuento de glóbulos rojos y del hematocrito como se ha observado en la presente investigación.

Se sugiere continuar las investigaciones para evaluar el efecto de alimentos balanceados para langostino pero que cuenten con niveles de proteína más elevados (35% y 40%), así como investigar el efecto que su suplementación con hierro podría tener en el crecimiento, supervivencia y parámetros hematológicos del robalo *Centropomus* spp.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Lajonchère, L., & Tsuzuki, M. Y. (2008). A review of methods for *Centropomus* spp. (Snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*, 39(7), 684-700. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01921.x>
- Arenas, M., Álvarez-González, C. A., Barreto, A., Sánchez-Zamora, A., Suárez-Bautista, J., Cuzon, G., & Gaxiola, G. (2021). Physiological and metabolic protein-sparing effects of dietary lipids on common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 27(4), 1089-1102. <https://doi.org/10.1111/anu.13250>
- Arenas, M., Barreto, A., & Gaxiola, G. (2022). Habilidad de tres especies de peces tropicales de hábitos carnívoros para utilizar carbohidratos: Robalo blanco (*Centropomus undecimalis*), mero rojo (*Epinephelus morio*) y pargo cananés (*Ocyurus chrysurus*). En L. E. Cruz Suárez, M. et al. (Eds.), *Investigación e innovación en nutrición acuícola* (pp. 263-283). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Baque, K. L., & Lema, C. A. (2020). *Análisis de factibilidad técnica y económica para la implementación de un protocolo de cultivo comercial de robalo Centropomus spp.* [Tesis de Ingeniero en Acuicultura, Escuela Politécnica del Litoral].
- Barandica, L. (2010). *Efectos de las dietas experimentales en la respuesta inmune de los peces* [Tesis de Doctora en Bioquímica y Biología Molecular, Universitat Autònoma de Barcelona].
- Barbosa, M. C., Jatobá, A., Vieira, F. N., Silva, B. C., Mourino, J. L. P., Andreatta, E. R., Seiffert, W. Q., & Cerqueira, V. R. (2011). Cultivation of juvenile fat snook (*Centropomus parallelus* Poey, 1860) fed probiotic in laboratory conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(4), 795-801.
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e003. <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
- Cai, J., Chan, H. L., Yan, X., & Leung, P. (2023). A global assessment of species diversification in aquaculture. *Aquaculture*, 576, 739837. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739837>
- Carranco-Jáuregui, M., Fuente-Martínez, B., Ramírez-Poblano, M., Calvo-Carrillo, M., & Ávila-González, E. (2020). Inclusión de harina de calamar gigante *Dosidicus gigas* como fuente de proteína en dietas para gallinas ponedoras. *Abanico Veterinario*, 10, e109. <https://doi.org/10.21929/abavet2020.14>
- Castro, J. J., & Ordinola-Zapata, A. (2021). La estrategia de ayuno y realimentación, una alternativa viable para optimizar el consumo de alimento balanceado en el cultivo semi-intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), e19546. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19546>
- Cortés-Ruiz, J. A., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M. E., Carvallo-Ruiz, M., & García-Sánchez, G. (2008). Production and functional evaluation of a protein concentrate from giant squid (*Dosidicus gigas*) by acid dissolution and isoelectric precipitation. *Food Chemistry*, 110(2), 486-492. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.030>
- Fazio, F. (2019). Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: A review. *Aquaculture*, 500, 237-242. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.030>
- Fonseca, G. J. (2022). *Criopreservación de tejido gonadal del robalo blanco Centropomus viridis: Efecto de crioprotectores penetrantes y no penetrantes en la viabilidad de las células germinales* [Tesis de Maestro en Ciencias en Acuicultura, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California].
- Grant, K. R. (2015). Fish hematology and associated disorders. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 18(1), 83-103. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2014.09.007>
- Guillen, A. E., & Rivera, W. P. (2013). *Efecto de un alimento balanceado predigerido con probióticos sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de Litopenaeus [SIC] vannamei* [Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional de Tumbes].
- Hernández, C., Lizárraga, C. E., Sánchez, E., & Arriaga-Hernández, D. (2022). Estrategias nutricionales y productos de soya para la alimentación de juveniles de robalo blanco del Pacífico (*Centropomus viridis*): Hacia la rentabilidad de su cultivo. En L. E. Cruz Suárez, M. et al. (Eds.), *Investigación e innovación en nutrición acuícola* (pp. 217-222). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Herrera, L. A., Kuhnen, V. V., & Sanches, E. G. (2019). Does intensive feeding frequency affect growth performance of common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)? *Brazilian Journal of Biology*, 79(3), 505-509. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.186394>
- Ibrahim, S. M. (2010). Utilization of gambusia (*Affinis affinis*) for fish sauce production. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(2), 169-172. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0202>
- Jannathulla, R., Dayal, J. S., Vasanthakumar, D., Ambasankar, K., & Muralidhar, M. (2017). Effect of fermentation methods on amino acids, fiber fractions and anti nutritional factors in different plant protein sources and essential amino acid index for *Penaues (Litopenaeus) vannamei*. *Indian Journal of Fisheries*, 64(2), 40-47. <https://doi.org/10.21077/ijf.2017.64.2.60341-07>
- Kaewtapee, C., Thongprajukaew, K., Jittanon, T., Nuntapong, N., Preedaphol, K., & Saekhow, S. (2022). Mixed feeding schedule switching between high and low protein diets for Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Animal Feed Science and Technology*, 284, 115204. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2022.115204>
- Lemus, I., Maldonado, C., Cuzon, G., Sánchez, A., Gaxiola, G., Álvarez, A., & Guerrero, M. (2018). *In vitro* and *in vivo* feedstuff digestibility for snook, *Centropomus undecimalis*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(1), 205-215. <https://doi.org/10.1111/jwas.12429>
- Liebl, F. (2013). *Desempenho de juvenis de robalo-peva (Centropomus parallelus) e robalo-flecha (Centropomus undecimalis) cultivados em água doce* [Dissertação de mestrado em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina].
- Macés, I. (2023). *Comparación de los hábitos alimentarios del robalo aleta amarilla Centropomus robalito, Jordan y Gilbert, 1882 en tres sistemas lagunares- estuarinos de Chiapas.* [Tesis de Licenciado en Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].
- Ministerio de la Producción. (2023). *Anuario estadístico pesquero y acuícola 2022*. Ministerio de la Producción.
- Noffs, A. P., Tachibana, L., Santos, A. A., & Ranzani-Paiva, M. J. T. (2015). Common snook fed in alternate and continuous regimens with diet supplemented with *Bacillus subtilis* probiotic. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(4), 267-272. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000400001>
- Oliveira, R. L. M., Santos, L. B. G., Silva, N. G., Silva, S. P. A., Silva, F. S., Melatti, E., & Cavalli, R. O. (2019). Feeding rate and feeding frequency affect growth performance of common snook (*Centropomus undecimalis*) juveniles reared in the laboratory. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, e20170292. <https://doi.org/10.1590/rbz4820170292>

- Ordinola, A. (2020). *Identificación mediante la técnica de DNA barcode de los peces de manglar de la región Tumbes. 2016 - 2018* [Tesis de Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Tumbes].
- Pedrotti, F., Baloi, M., & Cerqueira, V. (2018). Acute toxicity of nitrite on juveniles of common snook *Centropomus undecimalis* (perciformes, centropomidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 13(2), 162-165.
- Pohlenz, C., & Gatlin, D. M. (2014). Interrelationships between fish nutrition and health. *Aquaculture*, 431, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.008>
- Polonía, C. C. (2022). *Evaluación de dietas para el cultivo experimental de juveniles de róbalo (Centropomus undecimalis Bloch, 1792) en estanques de agua dulce* [Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad del Magdalena].
- Polonía, C., Gaitán, S., Chaparro, N., & Villamizar, N. (2017). Efecto de tres dietas en el cultivo experimental del róbalo (*Centropomus undecimalis* Bloch, 1792). *Revista MVZ Córdoba*, 22(3), 6287-6295. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1133>
- Polonía-Rivera, C., Gaitán, S., Chaparro-Muñoz, N., & Villamizar, N. (2017). Captura, transporte y aclimatación de juveniles y adultos de róbalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Intropica*, 12(1), 61-64. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2035>
- Roeder, M., & Roeder, R. H. (1966). Effect of iron on the growth rate of fishes. *The Journal of Nutrition*, 90(1), 86-90. <https://doi.org/10.1093/jn/90.1.86>
- Sandoval, J., & Ramírez, B. (2019). Eficiencia de la hormona gonadotropina coriónica humana (GCH) en la inducción al desove de especies de róbalo (*Centropomus* spp.). *Manglar*, 16(1), 11-18. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.003>
- Seriani, R., Abessa, D. M. S., Pereira, C. D. S., Kirschbaum, A. A., Assunção, A., & Ranzani-Paiva, M. J. T. (2013). Influence of seasonality and pollution on the hematological parameters of the estuarine fish *Centropomus parallelus*. *Brazilian Journal of Oceanography*, 61, 105-111.
- Sookying, D., Davis, D. A., & Soller, F. (2013). A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 19(4), 441-448. <https://doi.org/10.1111/anu.12050>
- Souza, A., Lucena, F., Pontes, A., Nolé, L., & Frédou, T. (2017). Feeding ecology of *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) and *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) in two tropical estuaries in Northeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 12(2), 123-135.
- Teles, A. O., Couto, A., Enes, P., & Peres, H. (2020). Dietary protein requirements of fish - a meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, 12, 1445-1477. <https://doi.org/10.1111/raq.12391>
- Witeska, M. (2005). Stress in fish - hematological and immunological effects of heavy metals. *Electronic Journal of Ichthyology*, 1, 35-41.
- Yue, G. H., Tay, Y. X., Wong, J., Shen, Y., & Xia, J. (2023). Aquaculture species diversification in China. *Aquaculture and Fisheries*, S2468550X22001939. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.12.001>
- Zambrano, L., Aponte, R., Bohórquez-Cruz, M., Reinoso, S., Sonnenholzner, S., & Argüello-Guevara, W. (2022). Growth, survival and morphological condition of juvenile of black snook (*Centropomus nigrescens*, Günther 1864) reared at different salinities in a pilot-scale recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*, 53(13), 4882-4886. <https://doi.org/10.1111/are.15953>