

## Efecto del uso de estimuladores de crecimiento sobre los indicadores de desempeño y aspectos morfoeritrocitarios evaluados en juveniles de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)

### Effect of the use of growth stimulators on performance indicators and morphoerythrocytic aspects evaluated in juveniles of *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)

Saeko Gaitán-Ibarra<sup>1\*</sup> , Zamir Benítez-Polo<sup>1</sup> , Andrés Pulgar-Bacca<sup>1</sup> , Germán Blanco-Cervantes<sup>1</sup> ,  
Danny López-Patiño<sup>1</sup> 

1. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

#### Resumen

El presente estudio proporcionó evidencias de los efectos del tratamiento con vitamina C y probióticos sobre el desempeño productivo y el perfil hematológico en juveniles de róbalo (*Centropomus undecimalis*), una especie emblemática del trópico americano que cuenta con gran valor económico en el mercado. En los ensayos se utilizaron 90 especímenes de 17,8±0,5 cm de longitud total y 42,5±3,0 g de peso. Se evaluaron tres tratamientos (vitamina C, probiótico y control) con tres réplicas, distribuyendo al azar 10 peces por tanque. La calidad del agua se mantuvo en condiciones controladas. Se estimaron indicadores del desempeño y aspectos hematológicos para cada tratamiento. El comportamiento eritrocitario, particularmente el tamaño de las células y el factor de forma, sugiere un beneficio por el suplemento de las dietas con probióticos y vitamina C. No obstante, la morfología del núcleo y la longitud y el ancho de la célula, cuando se utiliza vitamina C, indica una disminución del espacio citoplasmático, que influye en el volumen corpuscular medio y la concentración media de hemoglobina corpuscular, lo cual afecta el transporte y, consecuentemente, el oxígeno en la sangre. Después de los 63 días de experimentación, los peces suplementados con el probiótico presentaron mejores respuestas en los índices de desempeño zootécnicos y respuesta inmune que los del grupo control y los suplementados con vitamina C.

**Palabras clave:** róbalo común; nutrición; probiótico; ácido ascórbico; hematología

#### Abstract

This study provided evidence of the effects of vitamin C and probiotic treatment on the productive performance and hematological profile in juvenile snook (*Centropomus undecimalis*). This species is emblematic of the American tropics and holds significant economic value in the market. Ninety specimens measuring 17.8 ± 0.5 cm in total length and weighing 42.5 ± 3.0 g were used in the trials. Three treatments (vitamin C, probiotic, and control) with three replicates were evaluated, randomly distributing 10 fish per tank. Water quality was maintained under controlled conditions. Performance indicators and hematological aspects were assessed for each treatment. Erythrocyte behavior, particularly cell size and shape, suggested benefits from supplementing diets with probiotics and vitamin C. However, when the diet was supplemented with vitamin C, changes in nucleus morphology, cell length, and width indicated a decrease in cytoplasmic space, influencing mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin concentration, thereby affecting oxygen transport in the blood. After 63 days of experimentation, fish supplemented with probiotics showed better responses in terms of zootechnical performance indices and immune response compared to both the control group and those supplemented with vitamin C.

**Key words:** *Centropomus undecimalis*; nutrition; probiotic; ascorbic acid; hematology

**\*Autor de correspondencia:**

[sgaitan@unimagdalena.edu.co](mailto:sgaitan@unimagdalena.edu.co)

**Editor:** Victor Macias

**Recibido:** XXXXXXXXXXXX

**Aceptado:** XXXXXXXXXXXX

**Publicación en línea:** XXXXXXXXXXXX

**Citar como:** Gaitán-Ibarra, S., Benítez-Polo, Z., Pulgar-Bacca, A., Blanco-Cervantes, G. y López-Patiño, D. (2024). Efecto del uso de estimuladores de crecimiento sobre los indicadores de desempeño y aspectos morfoeritrocitarios evaluados en juveniles de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Intropica*, 19 (1). <https://doi.org/10.21676/23897864.5890>.



## Introducción

El róbalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) es un pez demersal, migratorio y eurihalino de la familia Centropomidae, con una amplia distribución geográfica que se extiende desde las costas del sureste de Estados Unidos hasta el sur de Brasil, incluyendo el golfo de México y el mar Caribe (Blewett *et al.*, 2009; Perera-García *et al.*, 2011). Este teleosteo mantiene hábitos netamente carnívoros, capturando pequeños peces, crustáceos y moluscos (Lira *et al.*, 2017; Nascimento *et al.*, 2021), puede llegar a medir hasta 140 cm de longitud (Robertson *et al.*, 2023) y, al ser una especie hermafrodita protándrica, parte de la población de machos hacen la transición a hembras (Muller y Taylor, 2006). Sus poblaciones naturales a lo largo del Caribe colombiano han ido en descenso durante las últimas décadas debido a la sobreexplotación y a la degradación de su hábitat, lo que ha llevado a catalogarla en el Libro rojo de peces marinos de Colombia como especie amenazada en estado vulnerable (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2017).

Aunque en Colombia se han implementado acciones de conservación tales como la prohibición de la actividad pesquera en áreas protegidas o la implementación de algún tipo de veda en ciertas regiones (Duarte *et al.*, 2018; Grijalba-Bendeck *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2016), ha sido evidente la disminución de la abundancia en algunos grupos funcionales de peces demersales, incluido los róbalos (García *et al.*, 2007). La acuicultura a nivel mundial se ha consolidado como una de las estrategias más utilizadas para la conservación y la recuperación de poblaciones de especies acuáticas con algún grado de amenaza. De este modo se ha logrado garantizar la continuidad del recurso natural y brindar seguridad alimentaria ante la demanda mundial de productos pesqueros debido a la disminución de la pesca de captura (Froehlich *et al.*, 2017; Ross *et al.*, 2008).

En este orden de ideas, si bien *C. undecimalis* es un recurso que ha sido impactado por la pesca, es considerada como una especie con gran potencial para la acuicultura debido a su tolerancia a amplias variaciones de salinidades y oxígeno disuelto, altas tasas de crecimiento, buena conversión alimenticia, elevadas densidades de siembra, y capacidad de adaptación al cautiverio y al consumo de dietas comerciales y formuladas. También se destaca su carne de excelente calidad nutricional y con alto valor económico en el mercado (Álvarez-Lajonchère y Tsuzuki, 2008; Contreras-Sánchez *et al.*,

2015; Gracia-López *et al.*, 2006; Peterson *et al.*, 1991; Polonia *et al.*, 2017b; Souza-Filho y Cerqueira, 2003).

Durante las últimas décadas, uno de los desafíos más grandes de la acuicultura ha sido la alimentación de los peces carnívoros con alimentos vegetales en sustitución de la harina de pescado, así como el uso de suplementos alimentarios como una estrategia para estimular y mejorar el crecimiento productivo, el sistema inmunológico y la absorción del alimento (Dawood *et al.*, 2017). Tal es el caso de los probióticos: microorganismos (bacterias, levaduras u hongos) que al ser añadidos al agua, al sedimento o al alimento se introducen en el tracto gastrointestinal y desempeñan funciones importantes en la mejora del rendimiento del crecimiento, la resistencia a enfermedades, la inmunidad, el estado de salud, la integridad de la barrera epitelial intestinal y el microbioma intestinal, a la vez que aumentan la calidad del agua al descomponer los desechos de los peces (El-Saadony *et al.*, 2021; Martínez *et al.*, 2012).

El aislamiento, la implementación y el manejo del probiótico como parte de la dieta diaria en sistemas de cultivos son bien conocidos en otras especies del género *Centropomus* (Barbosa *et al.*, 2011; De Jesus *et al.*, 2016; Zátán *et al.*, 2020). Sin embargo, existen pocos estudios de estas prácticas en *C. undecimalis*, y dichas investigaciones se limitan únicamente a su uso como control bacteriano (*e. g.*, *Vibrio alginolyticus*) (Blain *et al.*, 1998) y como suplemento en mezclas de *Bacillus sp.* durante la etapa larval (Hauville *et al.*, 2013; Tarnecki *et al.*, 2019), además de la adición del probiótico monoespecífico *Bacillus subtilis* en juveniles del róbalo (Noffs *et al.*, 2015).

Otro de los suplementos utilizados en la acuicultura es la vitamina C (ácido ascórbico), importante para muchos procesos biológicos como la síntesis del colágeno, la cicatrización de heridas, el mejoramiento del sistema inmunológico, el incremento de la resistencia al estrés y la supervivencia en numerosas especies de peces (Barros *et al.*, 2014; Lim *et al.*, 2002; Peng *et al.*, 2013). Sin embargo, son muy pocos los estudios sobre este tema reportados para la familia Centropomidae, y se limitan únicamente a la adición de vitamina C a la dieta y sus posibles efectos (Phromkunthong *et al.*, 1994; Silvão y Nunes, 2017; Tucker, 1987).

De igual manera, ha venido cobrando importancia el desarrollo de estudios relacionados con el perfil hematológico y su relación con la alimentación suministrada para lograr una mayor

comprensión de la acción metabólica y el estado de salud. La sangre desempeña funciones vitales como el transporte de oxígeno y nutrientes a las células, la eliminación de desechos metabólicos, la respuesta inmunológica, la coagulación y la acción intercelular (Vázquez y Guerrero, 2007). Por lo tanto, la evaluación de los parámetros sanguíneos proporciona información valiosa sobre el bienestar de una especie, la eficacia del sistema inmunológico, y los posibles efectos a corto y largo plazo de condiciones sugeridas para el desarrollo de los organismos, la calidad del agua y los riesgos de enfermedades (Casanovas *et al.*, 2021). Asimismo, el análisis hematológico emerge como una herramienta fundamental en la gestión acuícola ya que permite identificar y abordar adecuadamente los factores que afectan la salud y la productividad de *C. undecimalis* en sistemas de cultivo alimentario específicos.

Con fundamento en lo mencionado, se hace necesario evaluar el efecto de la dieta con adición de probiótico y ácido ascórbico como estimulantes del desempeño productivo y su relación con el perfil hematológico en juveniles de *C. undecimalis* en condiciones de cautiverio.

## Materiales y Métodos

### Obtención y aclimatación de róbalos

Se capturaron un total de 90 individuos juveniles de *C. undecimalis* con atarraya (tamaño de malla de 1,5 cm) en la Ciénaga de Grande de Santa Marta (CGSM), sector Palmira (10°58'55,7"N y 74°18'29,1"O). Durante el transporte se emplearon bolsas plásticas (de 30 L de capacidad) con una densidad de 30 g(biomasa)/L de agua proveniente del sitio de captura, a las que se agregaron 7 µL de eugenol (96 %, Eufar®, Bogotá, Colombia)/L de agua como solución anestésica (Cruz-Botto *et al.*, 2018; Villamizar *et al.*, 2021) y además se les inyectó oxígeno (240 mg/L). Estas bolsas fueron posteriormente selladas con bandas elásticas.

Los especímenes fueron transportados hasta las instalaciones del Centro de Desarrollo Pesquero y Acuícola de Taganga (CDPAT) de la Universidad del Magdalena (11°15'58,35"N y 74°11'23,00"O) siguiendo la metodología descrita por Polonía *et al.* (2017a). Una vez en el laboratorio, se sometió a los individuos a un baño profiláctico durante un minuto con agua marina a 37 ups para eliminar carga microbiana del medio natural. Posteriormente, los peces fueron aclimatados térmica y

osmóticamente (27-28 °C y 0-0,5 ups), realizándose un aumento gradual de 5 ups cada tres horas hasta llegar a 35 ups (Polonía *et al.*, 2017a). Los individuos fueron mantenidos en agua filtrada e irradiada con UV.

### Diseño experimental

Una vez los róbalos se aclimataron a las condiciones de laboratorio, se suministró una dieta al 55 % de proteína bruta (PB) con adición de estimuladores de crecimiento: una con el probiótico mixto Bactercol Plus® (*B. subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus spp.*, *Lactobacillus* y levaduras) a una concentración de  $1 \times 10^9$  ufc/kg de alimento; otra con ácido ascórbico AC99 vitamina C® a 800 µg/kg de alimento; y un grupo control sin adición de estimulante. Cada tratamiento contó con tres réplicas.

Los peces fueron distribuidos aleatoriamente en tanques con capacidad de 2.000 L a una densidad de siembra de 10 peces/tanque (17,8±0,5 cm de longitud total y 42,5±3,0 g de peso). Los tanques fueron conectados a un sistema de flujo continuo de agua de mar filtrada, aireada e irradiada con UV, con recambios diarios de hasta el 50 %. El agua de mar se mantuvo a una temperatura de 27,8±0,2 °C, salinidad de 34,8±0,1 ups, saturación de oxígeno del 70 % y pH de 8,0. Las mediciones de estos parámetros se registraron diariamente, y la alimentación fue suministrada dos veces al día y a aparente saciedad al 5 % de la biomasa durante 62 días. Cada 21 días se realizaron biometrías para ajustar la ración alimenticia y evaluar el comportamiento de los indicadores de crecimiento. Además, al finalizar el experimento se tomaron muestras sanguíneas para el análisis hematológico.

### Caracterización de la dieta

La dieta fue formulada y elaborada al 55 % de PB empleando harina de pescado, trilla de camarón, harina de soya y harina de arroz, así como los respectivos estimuladores de crecimiento (probiótico mixto Bactercol Plus® y ácido ascórbico AC99 vitamina C®), los cuales fueron incorporados a las dietas en el momento de realizar la mezcla de los ingredientes en cada uno de los tratamientos, de acuerdo con Gaitán *et al.* (2023). Se realizó el análisis proximal al alimento con el equipo NIRS DA1650 (tabla 1). Las evaluaciones bromatológicas de las dietas formuladas reportaron valores muy cercanos a la formulación teórica.

Tabla 1. Análisis proximal de las dietas suministradas a juveniles de *C. undecimalis*

Dietas	Proteína	Humedad	Grasa	Ceniza
Control	55,75±0,167	14,09±0,408	8,5±0,143	17,04±0,463
Probiótico	56,15±0,252	13,31±0,526	8,27±0,099	17,34±0,550
Vitamina C	55,52±0,211	14,62±0,620	8,47±0,198	17,15±0,663

### Determinación de parámetros zootécnicos

Todos los ejemplares fueron medidos y pesados durante los muestreos para estimar la ganancia en peso (GP), la tasa de crecimiento (GR), la tasa de crecimiento específica (SGR), el factor de condición de Fulton (K), el factor de conversión alimenticia (FCA), la tasa de eficiencia proteica (PER) y la supervivencia (S). Con ese fin, se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$GP (g) = PF - PI, \quad (1)$$

donde PF es el peso promedio final y PI es el peso promedio inicial;

$$GR (\%) = (GP/PI) * 100, \quad (2)$$

$$SGR (g/día) = 100 * [Ln PF - Ln PI] / t, \quad (3)$$

donde Ln PF es el logaritmo natural del peso final, Ln PI es el logaritmo natural del peso inicial y t es el tiempo en días;

$$K = 100 * (P / L^3), \quad (4)$$

donde P es el peso total en gramos, y L, la longitud total en centímetros;

$$FCA = \text{Alimento total consumido (g)} / GP, \quad (5)$$

$$PER = GP / \text{Cantidad de proteína consumida (g)}, \quad (6)$$

$$S (\%) = (N.º \text{ final de peces} / N.º \text{ inicial de peces}) * 100. \quad (7)$$

### Caracterización sanguínea

Las muestras sanguíneas fueron obtenidas por punción de la vena caudal. Se tomaron cuatro peces por tratamiento, y de cada individuo se extrajeron 0,5 mL de sangre, manteniendo la

independencia de cada tratamiento. También se realizaron tres frotis por cada ejemplar. Las placas se secaron a temperatura ambiente y se fijaron con metanol por 5 min. Posteriormente, se les hizo tinción de Giemsa (10 %) durante 10 min y se enjuagaron siguiendo la metodología descrita por Noro y Wittwer (2012). Por último, las muestras fueron fijadas con bálsamo de Canadá para posterior observación en el microscopio óptico Leica DM500, donde se capturaron imágenes en campo de 40X.

De cada pez se seleccionaron 50 eritrocitos, a los que se les midieron cuatro parámetros: tamaño (LE), ancho (AE), longitud del núcleo (LN) y ancho del núcleo (AN). Para ese fin se contó con ayuda del procesador de imágenes ImageJ (Schneider *et al.*, 2012). También se tomaron registros de tamaño o área del eritrocito ( $TE = (LE/2) * (AE/2) \pi$ ), tamaño o área del núcleo ( $TN = (LN/2) * (AN/2) \pi$ ), factor de forma o índice de circularidad ( $IC = LE/AE$ ) y relación núcleo-citoplasma ( $TN/TC$ ) (Ahmed *et al.*, 2021; Najjah *et al.*, 2008).

### Análisis estadísticos

A fin de determinar la existencia de diferencias significativas de las variables de desempeño productivo (GP, GR, SGR, K, FCA, PER y S) y hacer la caracterización hematológica entre los diferentes tratamientos evaluados, se realizaron análisis de varianzas a una vía (ANOVA), seguidos de pruebas de comparación múltiple de Tukey, con previa confirmación de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (prueba de Levene) de los datos. Se utilizó un valor  $\alpha = 0,05$  para todos los valores de significancia y se usó el software Statgraphics Centurion XVII.

### Resultados

El promedio de GP de los juveniles de *C. undecimalis* osciló entre 10,48 g y 23,85 g. Se presentaron mayores ganancias en los tratamientos con probiótico y vitamina C,

respectivamente (figura 1a). Por otra parte, la GR varió entre 29,18% y 55,26% (figura 1b); y la SGR, entre 0,41 g/día y 0,70 g/día (figura 1c). Tanto en GP como en GR y

SGR se registraron valores altos significativos para las estimaciones de los tratamientos de vitamina C y probiótico en comparación con el control ( $gl=2$ ,  $p=0,0178$ ).

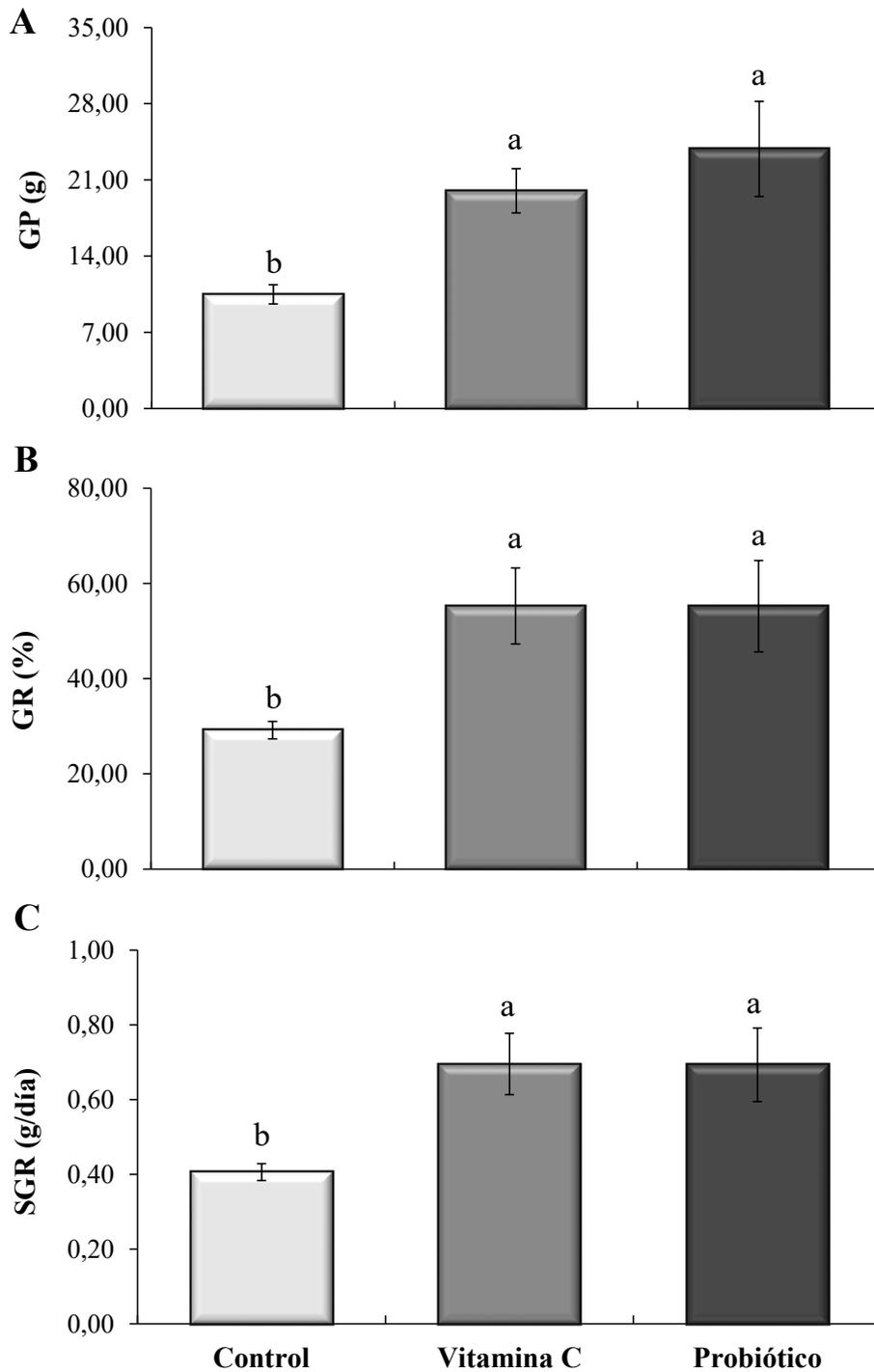


Figura 1. Efecto de la dieta con adición de estimulantes de desempeño productivo en *C. undecimalis*. a) ganancia en peso (GP); b) tasa de crecimiento (GR); c) tasa de crecimiento específica (SGR). Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Barras verticales representan el error estándar

En cuanto al factor K, se mantuvo entre 0,74 y 0,76 (figura 2a), con los mayores valores en los tratamientos con probiótico y el control (gl=2, F=5,49, p=0,0378) en comparación con el que suministró vitamina C. El FCA osciló entre 1,93 y 4,91 (figura 2b), y los resultados más altos se registraron en el tratamiento control en comparación con la dieta con adición de estimuladores (gl=2, F=170,57, p=0,0000), lo que evidencia una mejor conversión en estos últimos.

El caso contrario se presentó en la PER, que varió entre 0,37 y 0,96 (figura 2c), con valores significativos más altos en la dieta con probiótico (gl=2, F=45,16, p=0,0002), lo cual insinúa que el proceso de asimilación proteica fue más eficiente en términos de biomasa en este tratamiento. Por último, la supervivencia de los róbalo al finalizar el experimento fue del 100% en todos los tratamientos probados (gl=2, F=0,00, p>0,0500).

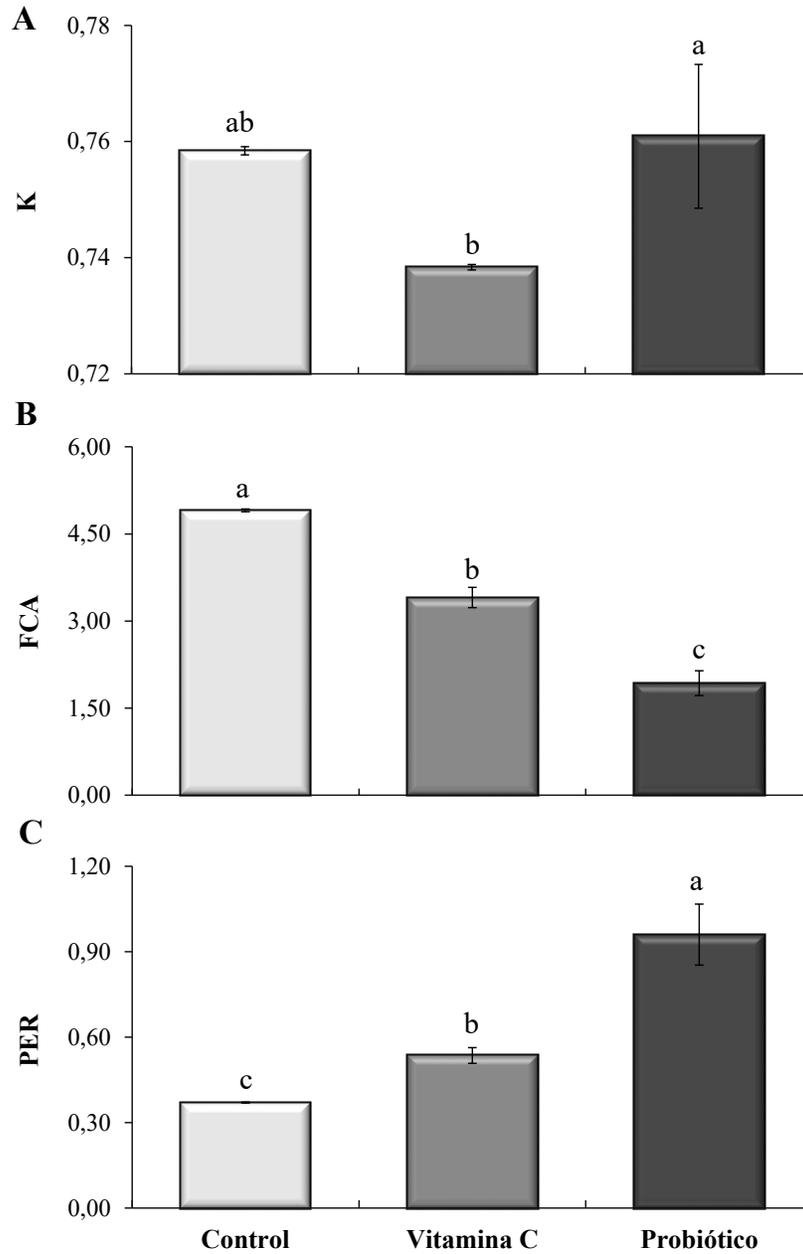


Figura 2. Efecto de la dieta con adición de estimulantes de desempeño productivo en *C. undecimalis*. a) factor de condición (K); b) factor de conversión alimenticia (FCA); tasa de eficiencia proteica (PER). Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05). Barras verticales representan el error estándar.

### Determinación de células sanguíneas

Se presentaron cinco tipos diferentes de células sanguíneas en las muestras recolectadas en los juveniles de *C. undecimalis*. El porcentaje de eritrocitos osciló entre 93,10 % y 95,55 % (figura 3a), y los mayores valores correspondieron a los tratamientos que suministraron vitamina C y probiótico con relación al control (gl=2, F=19,60, p<0,0005). Entretanto, las células linfoides y basófilas representaron entre 1,38-3,05 % y 0,20-1,85 % en el control y en la dieta con vitamina C, en ese orden

(figura 3b), con una proporción significativamente mayor en el control que en los demás tratamientos (gl=2, p≤0,0013).

En cuanto a los monocitos, se mantuvieron entre 0,80 % y 2,45 % (gl=2, F=17,03, p=0,0009), y se registraron altos valores en vitamina C y control frente al probiótico. Por último, el porcentaje de trombocitos hallados varió entre el 0,45 % y el 0,88 %, y fue significativamente mayor en el probiótico que en el tratamiento control y con vitamina C (gl=2, F=5,78, p=0,0243).

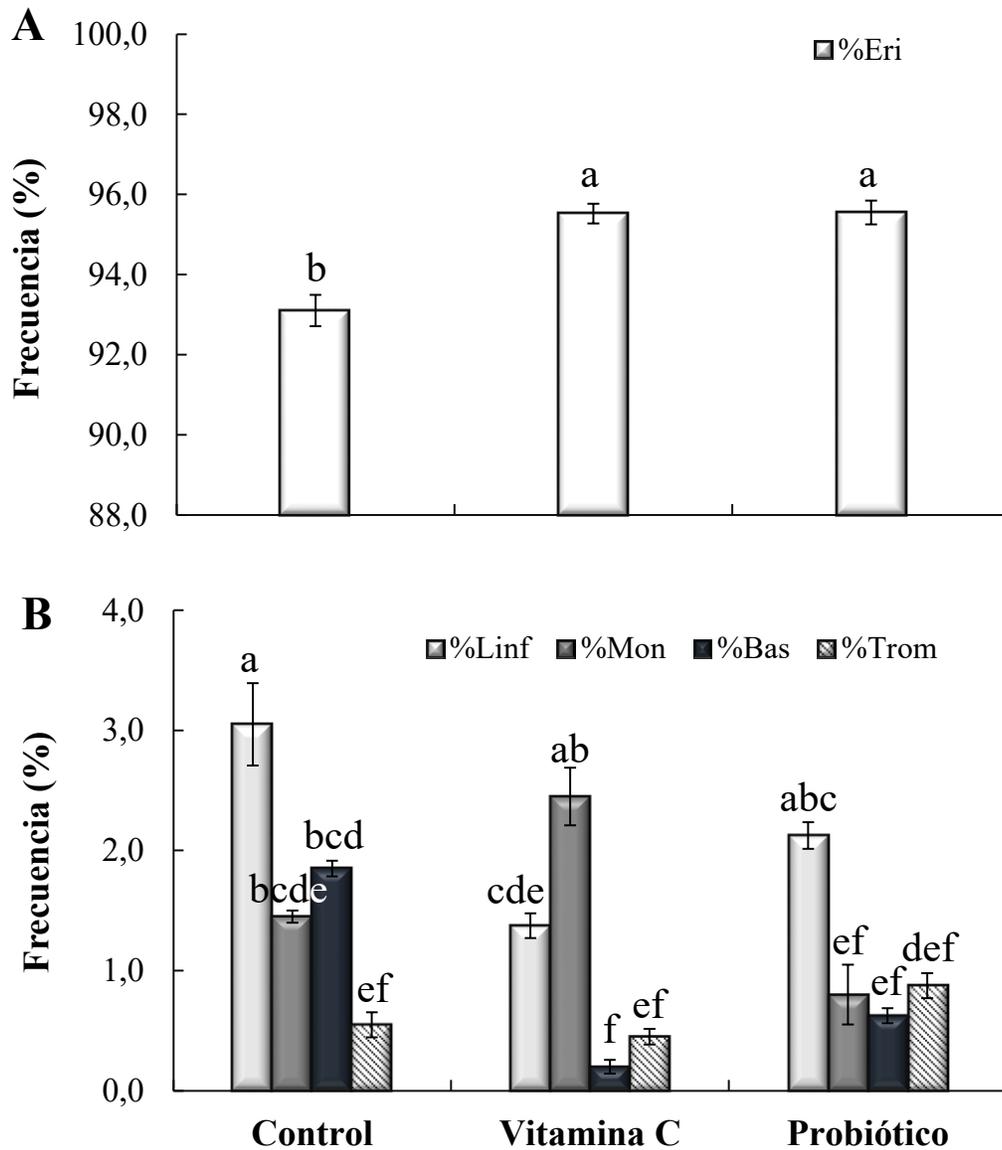


Figura 3. Frecuencias de células sanguíneas encontradas en juveniles de róbalo *C. undecimalis* expuestos a dieta con adición de estimulante de crecimiento: a) eritrocitos; b) células linfoides y basófilas. Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05). Barras verticales representan el error estándar

**Caracterización de la morfometría eritrocitaria**

Los eritrocitos en el róbalo *C. undecimalis* presentaron un LE que osciló entre 8,688 µm para el probiótico y 9,708 µm para el control. El AE varió entre 5,313 µm para vitamina C y 6,196 µm para probiótico. Por su parte, la LN se encontró entre 3,594 µm para el control y 4,474 µm para vitamina C. El AN fluctuó entre 2,156 µm en el control y 2,988 µm para vitamina C.

En consecuencia, los valores de TE y TN para el grupo con probiótico oscilaron entre 38,497 µm y 46,239 µm, y entre 7,814 µm y 8,868 µm, respectivamente. Por otro lado, en el grupo control, los rangos de TE y TN estuvieron entre 38,974 µm y 45,737 µm, y entre 6,255 µm y 8,021 µm, respectivamente. El tamaño del citoplasma (CS=TE-TN), el índice o factor de

circularidad (IC=LE/AE) y la relación núcleo-citoplasma (TN/TC) fluctuaron entre 30,006 µm y 38,426 µm; 1,548 µm y 1,804 µm; y 0,193 µm y 0,480 µm para el probiótico y vitamina C, respectivamente (tabla 2).

En términos generales, tanto el tratamiento con probiótico como el de vitamina C afectaron el tamaño y la forma de los eritrocitos en parámetros como AE, TN, AN y la relación TN/TC, mientras en el control se registraron los valores más bajos. Los resultados más altos se presentaron en el tratamiento de vitamina C, seguido del de probióticos. La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre vitamina C y el control y entre vitamina C y probióticos para la LN (p=0,0097); entre vitamina C y control en TN (p=0,013); y también entre vitamina C y control en TN/TC (p=0,043) (figura 4).

Tabla 2. Parámetros morfométricos de eritrocitos en juveniles de *C. undecimalis*

Tratamiento	LE	AE	LN	AN	TE	TN	CS	LE/AE	TN/TC
<b>Control</b>									
N	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Mín.	9,079	5,469	3,594	2,156	38,974	6,255	32,592	1,633	0,193
Máx.	9,708	6,026	3,769	2,710	45,737	8,021	37,717	1,694	0,219
Media	9,384	5,726	3,662	2,450	42,104	7,104	35,000	1,662	0,207
Error estándar	0,143	0,142	0,041	0,145	1,656	0,458	1,207	0,016	0,007
Desviación est.	0,286	0,284	0,082	0,290	3,312	0,915	2,414	0,032	0,013
<b>Probiótico</b>									
N	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Mín.	8,688	5,605	3,748	2,639	38,497	7,814	30,072	1,548	0,207
Máx.	9,519	6,196	4,048	2,766	46,239	8,868	38,426	1,602	0,480
Media	9,184	5,897	3,899	2,699	42,673	8,302	34,371	1,571	0,307
Error estándar	0,185	0,125	0,079	0,028	1,660	0,226	1,820	0,012	0,061
Desviación est.	0,370	0,249	0,159	0,056	3,319	0,453	3,640	0,024	0,122
<b>Vitamina C</b>									
N	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Mín.	9,236	5,313	4,122	2,615	39,223	8,629	30,006	1,552	0,288
Máx.	9,502	6,107	4,474	2,988	45,242	10,463	35,299	1,804	0,343
Mean	9,396	5,729	4,294	2,823	42,257	9,563	32,694	1,660	0,313
Error estándar	0,057	0,213	0,082	0,079	1,630	0,403	1,286	0,063	0,011
Desviación est.	0,115	0,426	0,164	0,159	3,259	0,805	2,571	0,125	0,023

LE: longitud del eritrocito; AE: ancho del eritrocito; LN: longitud del núcleo; AN: ancho del núcleo; TE: tamaño del eritrocito; TN: tamaño del núcleo; CS: tamaño del citoplasma; LE/AE: factor de forma o relación largo/ancho del eritrocito; TN/TC: relación núcleo/citoplasma. Todos los valores se en micras (µm).

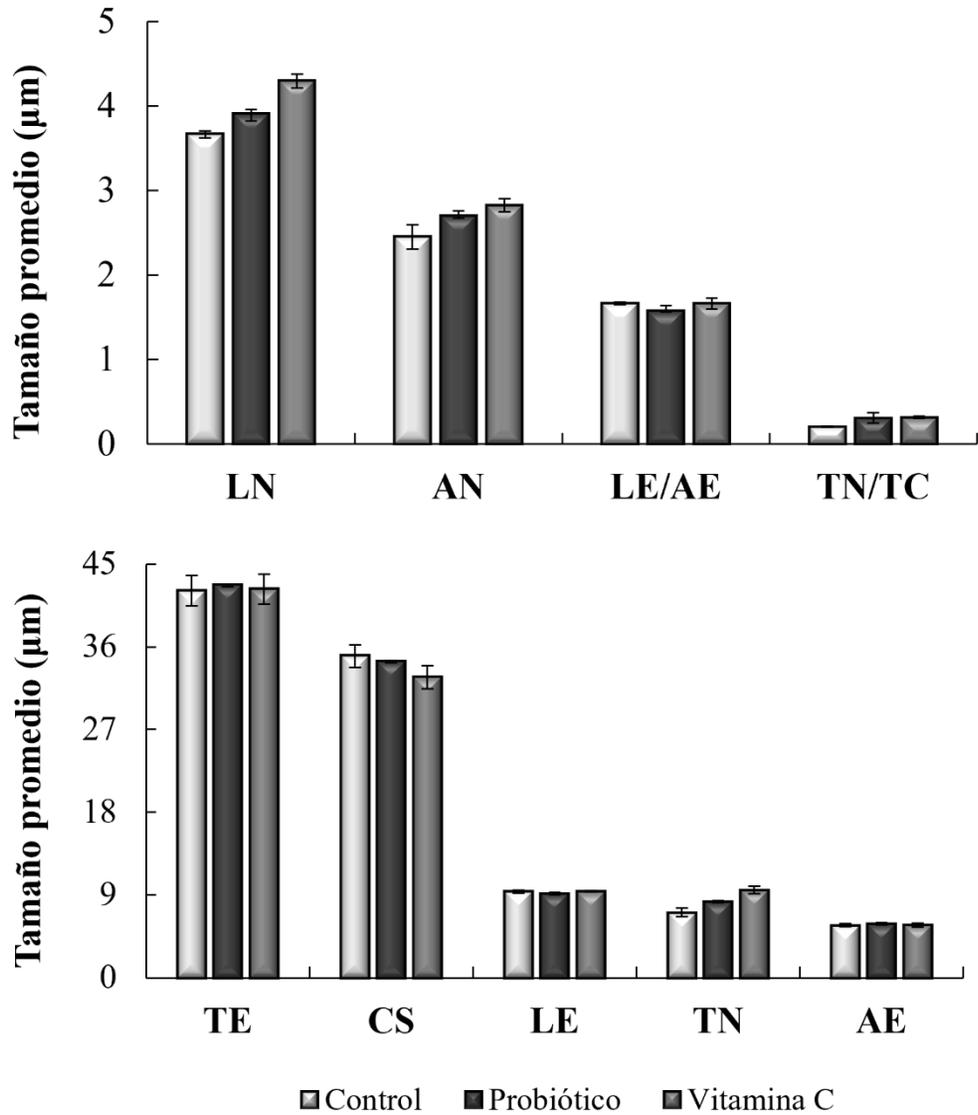


Figura 4. Efecto del uso de estimuladores de crecimiento en las dietas sobre los parámetros morfométricos de eritrocitos en *C. undecimalis*. LE: longitud del eritrocito; AE: ancho del eritrocito; LN: longitud del núcleo; AN: ancho del núcleo; TE: área o tamaño del eritrocito; TN: tamaño del núcleo; CS: tamaño del citoplasma; LE/AE: factor de forma o relación largo/ancho del eritrocito; TN/TC: relación núcleo/citoplasma. Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Barras verticales representan el error estándar.

## Discusión

Los valores significativos más altos de los índices zootécnicos de crecimiento (GP, GR y SGR) estimados para juveniles de *C. undecimalis* como efecto del suministro de dietas suplementadas con probiótico mixto y vitamina C son similares a los reportados en otros peces carnívoros marinos como *Dicentrarchus labrax* (Carnevali *et al.*, 2006), *Lates calcarifer* (Rengpipat *et al.*, 2008), *Lateolabrax japonicus* (Ai *et al.*, 2004), *Psammoderus waigiensis* (Luc *et al.*, 2021) y *Trachinotus ovatus* (Zhang *et al.*, 2019) y contrarios a los

reportados en *Centropomus parallelus* (Barbosa *et al.*, 2011), *C. undecimalis* (Noffs *et al.*, 2015), *Dentex dentex* (Hidalgo *et al.*, 2006) y *Pseudosciaena crocea* (Ai *et al.*, 2006). Los probióticos influyen sobre la digestión y la absorción de nutrientes en estas especies al afectar la transcripción de dos genes implicados en la regulación del crecimiento corporal (IGF-I y miostatina MSTN). De este modo, el peso corporal total puede llegar a incrementar hasta un 81 % del peso corporal total con la adición de cepas autóctonas aisladas de peces huéspedes; así como también, disminuir los niveles de cortisol de los peces tratados (Carnevali *et al.*, 2006; Rengpipat *et al.*, 2008). En ese sentido,

cabe señalar que esta hormona es reconocida como el principal glucocorticoide liberado como respuestas de estrés en los peces teleósteos, y produce efectos proteolíticos debido a que su síntesis puede inducir reacciones catabólicas y antianabólicas que retrasan el crecimiento somático, a la vez que provocan una carencia en las respuestas del sistema inmunológico en estos organismos (Barton, 2002; Lemos *et al.*, 2023).

Por otro lado, se ha documentado que la disposición de vitamina C (o ácido ascórbico) producto de la alimentación de organismos vivos del medio natural es muy baja. La ausencia de este nutriente puede llevar a presentar signos de deficiencia tales como retraso en el crecimiento, escoliosis, lordosis, erosión de aletas, oscurecimiento, anorexia, deformación opercular, hígado con atrofia severa y altos índices de mortalidad, observados en peces mantenidos a diferentes concentraciones de vitamina C (Ai *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2003). Por lo tanto, es necesaria la suplementación exógena de esta vitamina a concentraciones adecuadas en sistemas de cultivos de peces carnívoros a fin de garantizar su crecimiento normal y las funciones fisiológicas en el organismo.

*C. undecimalis* posee un crecimiento alométrico positivo, esto es, un aumento en el grosor o gordura relativa del cuerpo (Costa y De Mello, 2015), y entre los factores que pueden afectar este proceso están la disponibilidad y la calidad del alimento, la estacionalidad, las condiciones de la calidad del agua y cambios genéticos intrínsecos. En la piscicultura, el factor K es muy utilizado como indicador del estado de desarrollo, madurez, reproducción, nutrición y bienestar de la población (Froese, 2006). En este estudio, el comportamiento de esta variable presentó diferencia entre los tratamientos de control y probiótico con respecto al de vitamina C, con valores de 0,76 y 0,74, respectivamente. Estos resultados están dentro de los rangos reportados en otros estudios de nutrición y suplementación con probiótico en el género *Centropomus* (0,73-0,98) (Barbosa *et al.*, 2011; Noffs *et al.*, 2015; Polonia *et al.*, 2017b).

Por su parte, el FCA describe la relación entre la cantidad de alimento consumido por los peces y el aumento en masa corporal como resultado de la conversión metabólica. En términos más precisos, representa la eficacia biológica con la que los peces transforman los nutrientes ingeridos en tejido muscular. Así, bajos valores de esta variable indican

una mayor eficiencia en la conversión alimenticia, lo que implica una óptima utilización de los recursos alimenticios para el crecimiento corporal. En este estudio, los resultados más favorables en este sentido se hallaron en los peces suplementados con el probiótico mixto, lo que corresponde también con el mejor comportamiento de los indicadores de crecimiento en comparación con los altos valores de FCA encontrados en el grupo control y el de vitamina C.

Estos resultados de FCA están muy por debajo de los reportados en alevinos de *C. undecimalis* bajo régimen de suministro de alimento alterno y continuo durante 191 días con la cepa probiótica *B. subtilis* a concentraciones de  $5 \times 10^9$  ufc/kg (12,6-19,6) (Noffs *et al.*, 2015). Cabe anotar que esta variación entre la misma especie pudo deberse al contenido nutricional de la dieta y la presentación del alimento, las condiciones ambientales y el estado de desarrollo o el tamaño de los peces (Fry *et al.*, 2018; Torrissen *et al.*, 2011).

Asimismo, los altos valores de PER en la dieta con adición de probiótico indican que los peces presentaron un buen proceso de absorción y asimilación de la proteína del alimento hasta un 46 % y 61 % más que el grupo control y el de vitamina C. Este hallazgo está relacionado con la capacidad de los probióticos de fijarse y mejorar el funcionamiento intestinal, lo que resulta en una mejor digestión y absorción de nutrientes (Eshak *et al.*, 2010; Hauville *et al.*, 2013). De esta manera se ha favorecido el perfil proteico de especies de peces tales como *Oncorhynchus mykiss* (Kamgar y Ghane, 2014; Nargesi *et al.*, 2020) y *D. labrax* (Eissa *et al.*, 2022). Igualmente, el buen estado inmunológico en los peces está indicado por el aumento de la proteína total, la albúmina y la globulina (Al-Dohail *et al.*, 2009), cuyo déficit podría desencadenar una serie de enfermedades hepáticas (Bernet *et al.*, 2001).

Los peces teleósteos exhiben una incapacidad para sintetizar internamente el ácido ascórbico, un micronutriente vital para su metabolismo. Sin embargo, después de 63 días de experimento, la supervivencia en los juveniles de *C. undecimalis* en todos los tratamientos probados se mantuvo al 100 %, sin signos de deterioro aparente. Estos resultados son similares a los hallados en otros peces carnívoros marinos con concentraciones de vitamina C entre 11-400 mg/kg (Luc *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2019). Este parámetro puede fluctuar a su vez entre 83 % y 98 % a concentraciones entre 234-489 mg/kg (Ai *et al.*, 2004, 2006) y entre el 60 % y el 75 % ante concentraciones de probiótico  $\geq 1 \times 10^9$  ufc/kg (Barbosa *et*

*al.*, 2011; Noffs *et al.*, 2015; Rengpipat *et al.*, 2008).

Aunque no se presentó ninguna diferencia en esta tasa de supervivencia entre tratamientos, se pudo establecer que los mejores valores de desempeño productivo zootécnicos del róbalo se dieron con el probiótico mixto. No obstante, la función de mantenimiento e incremento del ácido ascórbico es un fenómeno particularmente asociado al proceso de biosíntesis de tejidos, además de ser indispensable para la síntesis de colágeno, importante en las diferentes etapas de desarrollo de los peces (Sahoo y Mukherjee, 2003).

Los parámetros hematológicos constituyen medidas cruciales que reflejan el bienestar fisiológico de las poblaciones de peces, y su variabilidad puede ser influenciada por una serie de factores dentro de los sistemas de acuicultura. En este estudio, los valores significativamente mayores de eritrocitos se observaron en vitamina C y probiótico con respecto al grupo control. De forma similar, Luc *et al.* (2021) y Barbosa *et al.* (2011) indicaron una mejoría en la respuesta inmune y la capacidad de transportar oxígeno en el organismo.

Entretanto, los niveles de linfocitos hallados en los tratamientos suplementados son contrarios a los altos valores reportados por Barbosa *et al.* (2011) y Noffs *et al.* (2015). Dichos autores también informaron altos niveles de trombocitos, que en los peces son importantes en los procesos de homeostasis, defensa, coagulación y participación en la actividad fagocítica durante una infección (Tavares-Dias *et al.*, 2002). Dicho comportamiento se observó en la presente investigación para la dieta con probiótico, por lo que cabe suponer que este suplemento pudo haber incidido en una mayor producción de trombocitos.

Por otro lado, el alto porcentaje de células monocitos en el grupo control y en el de vitamina C puede deberse a los procesos de defensa ante una evolución infecciosa causada por virus, bacterias u otro agente patógeno en los peces (Yang *et al.*, 2021). En este sentido, es preciso recordar que la exposición continua a concentraciones elevadas de probióticos o sustancias inmunoestimulantes podría disminuir la actividad del sistema inmunológico hasta originar una inmunosupresión debido a la resistencia inducida por el mismo organismo (Bricknell y Dalmo, 2005; Merrifield *et al.*, 2010; Noffs *et al.*, 2015).

Los eritrocitos, que son constituyentes celulares esenciales del

tejido sanguíneo en vertebrados, representan la fracción más predominante y circulan por todo el cuerpo, también proporcionan una valiosa información sobre la salud de los órganos (Farrell, 2011; Rahman y Baek, 2019; Ruas *et al.*, 2008). En este estudio, los valores de la longitud y el ancho de los eritrocitos estuvieron dentro de los rangos normales sugeridos para peces poco móviles (10-20  $\mu\text{m}$  EL y 6-10  $\mu\text{m}$  AE) y su coloración no mostró signos aparentes de anemia (Farrell, 2011; Fazio *et al.*, 2019). Igualmente, no se evidenciaron signos de deterioro nuclear ni celular, lo que puede ser un indicativo de un buen estado de salud.

La ausencia de diferencias significativas en los datos relacionados con el movimiento de los eritrocitos por los vasos sanguíneos como el tamaño de las células (ES) y el factor de forma (LE/AE) podría sugerir el efecto benéfico de la suplementación de las dietas con probióticos y la vitamina C sobre parámetros eritrocitarios (Affonso *et al.*, 2007; Osman *et al.*, 2018; Taherpour *et al.*, 2023; Trichet *et al.*, 2015). Sin embargo, el aumento considerable en los valores relacionados con la morfometría del núcleo como LN y AN cuando la dieta fue suplementada con vitamina C puede disminuir el tamaño del citoplasma disponible para la hemoglobina, como lo muestra la relación TN/TC, también significativa, que puede asociarse con parámetros hematológicos eritrocitarios como la hemoglobina, el volumen corpuscular medio (VCM) y la concentración media de hemoglobina corpuscular media (CHCM) (Taherpour *et al.*, 2023).

La anterior apreciación se corrobora con la asociación encontrada entre TN/TC y la hemoglobina, el VCM y la CHCM en *Oreochromis niloticus* y en *Clarias gariepinus* (Osman *et al.*, 2018), que es consecuente con el aporte que hace la suplementación nutricional con probióticos y vitamina C en el estado de salud de los peces debido al aumento en la concentración de hemoglobina, el número de eritrocitos, el hematocrito, el VCM, la CHCM y la hemoglobina corpuscular media (HCM). Estos efectos se reflejan en menor estrés y mejoras en la supervivencia (Azarin *et al.*, 2015; Michael *et al.*, 2019).

En conclusión, los resultados del presente estudio indican que las dietas complementadas con el probiótico mixto y la vitamina C pueden mejorar el rendimiento, el crecimiento y la respuesta inmune de los róbalo. No obstante, se destaca que el uso del probiótico mixto presentó indiscutiblemente un mejor efecto tanto en los indicadores de desempeño

zootécnico como en los hematológicos. Sin embargo, se recomienda recurrir a este suplemento de manera alternativa o en diferentes etapas de desarrollo del animal, con el fin de evitar resistencia. Asimismo, en cuanto a la vitamina C, se sugiere evaluar menores concentraciones a las empleadas en este estudio para disminuir la inmunosupresión del organismo y lograr mayores valores de crecimiento, desarrollo fisiológico y protección de enfermedades de los róbalo en condiciones de cultivo

### Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses relacionado con este manuscrito.

### Contribución de los Autores

Saeko Gaitán-Ibarra: conceptualización, diseño de los experimentos y redacción del manuscrito.

Zamir Benítez-Polo: análisis de resultados y redacción del manuscrito.

Germán Blanco-Cervantes: diseño y análisis de laboratorio, procesamiento de información y redacción de los aspectos hematológicos.

Danny López-Patiño y Andrés Pulgar-Bacca: ejecución del diseño experimental, análisis de laboratorio y recopilación de información.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al personal del Hangar de Acuicultura del Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA) de la Universidad del Magdalena por su apoyo técnico. Este estudio se realizó en el marco del proyecto "Implementación de sistemas productivos en la piscicultura marina del róbalo para el fomento de su producción en el departamento del Magdalena", con código BPIN 2020000100036, financiado con recursos del Sistema General de regalías (SGR) y la instancia que se designó como ejecutora de estos recursos: la Universidad del Magdalena. La investigación se desarrolló bajo el permiso de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), mediante la Resolución N.º 2433 del 13 de octubre de 2022.

### Bibliografía

- Affonso, E. G., Silva, E. C., Tavares-Dias, M., De Menezes, G. C., De Carvalho, C. S., Nunes E. S., Ituassú, D. R., Roubach, R., Ono, E. A., Fim, J. D. y Marcon, J. L. (2007). Effect of high levels of dietary vitamin C on the blood responses of matrinxã (*Brycon amazonicus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 147(2), 383-388. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.01.004>
- Ahmed, I., Balestrieri, E., Tudosa, I. y Lamonaca, F. (2021). Morphometric measurements of blood cell. Measurement: *Sensors*, 18, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100294>
- Ai, Q., Mai, K., Zhang, C., Xu, W., Duan, Q., Tan, B. y Liufu, Z. (2004). Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 242(1-4), 489-500. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.08.016>
- Ai, Q., Mai, K., Tan, B., Xu, W., Zhang, W., Ma, H. y Liufu, Z. (2006). Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture*, 261(1), 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.027>
- Al-Dohail, M. A., Hashim, R. y Aliyu-Paiko, M. (2009). Effects of the probiotic, *Lactobacillus acidophilus*, on the growth performance, haematology parameters and immunoglobulin concentration in African Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) fingerling. *Aquaculture Research*, 40(14), 1642-1652. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02265.x>
- Álvarez-Lajonchère, L. y Tsuzuki, M. (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>
- Azarin, H., Aramli, M. S., Imanpour, M. R. y Rajabpour, M. (2015). Effect of a Probiotic Containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* and Feroin Solution on Growth Performance, Body Composition and Haematological Parameters in Kutum (*Rutilus frisii kutum*) Fry. *Probiotics & Antimicrobial Proteins*, 7, 31-37. <https://doi.org/10.1007/s12602-014-9180-4>
- Barbosa, M. C., Jatobá, A., Vieira, F. D. N., Silva, B. C., Mourino, J. L. P., Andreatta, E. R., Seiffert, W. Q. y 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. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000400020>

- Barros, M. M., Falcon, D. R., De Oliveira, O. R., Pezzato, L. E., Fernandes, A. C., Guimarães, I. G., Fernandes, A., Padovani, C. R. y Pereira, M. M. (2014). Non-specific immune parameters and physiological response of Nile tilapia fed  $\beta$ -glucan and vitamin C for different periods and submitted to stress and bacterial challenge. *Fish and Shellfish Immunology*, 39(2), 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.05.004>
- Barton, B. A. (2002) Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42(3), 517-525. <https://doi.org/10.1093/icb/42.3.517>
- Bernet, D., Schmidt, H., Wahli, T. y Burkhardt-Holm, P. (2001). Effluent from a Sewage Treatment Works Causes Changes in Serum Chemistry of Brown Trout (*Salmo trutta* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48(2), 140-147. <https://doi.org/10.1006/eesa.2000.2012>
- Blain, S., Tucker, J. W., Neidig, C. L., Vermeer, G. K., Cooper, V. R., Jarrell, J. L. y Sennett, D. G. (1998). Bacterial management strategies for stock enhancement of warmwater marine fish: a case study with common snook (*Centropomus undecimalis*). *Bulletin of Marine Science*, 62(2), 573-588.
- Blewett, D. A., Stevens, P. W., Champeau, T. R. y Taylor, R. G. (2009). Use of rivers by common snook *Centropomus undecimalis* in southwest Florida: a first step in addressing the overwintering paradigm. *Florida Scientist*, 72(4), 310-324.
- Bricknell, I. y Dalmo, R. A. (2005). The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. *Fish & Shellfish Immunology*, 19(5), 457-472. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.03.008>
- Carnevali, O., De Vivo, L., Sulpizio, R., Gioacchini, G., Olivotto, I., Silvi, S. y Cresci, A. (2006). Growth improvement by probiotic in European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*, L.), with particular attention to IGF-1, myostatin and cortisol gene expression. *Aquaculture*, 258(1-4), 430-438. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.025>
- Casanovas, P., Walker, S. P., Johnston, H., Johnston, C. y Symonds, J. E. (2021). Comparative assessment of blood biochemistry and haematology normal ranges between Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from seawater and freshwater farms. *Aquaculture*, 537, 736464. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736464>
- Contreras-Sánchez, W. M., Contreras-García, M. J., McDonald-Vera, A., Hernández-Vidal, U., Cruz-Rosado, L. y Martínez-García, R. (2015). *Manual para la producción de robalo blanco (Centropomus undecimalis) en cautiverio* (2.ª ed. Colección José N. Rovirosa. Biodiversidad, Desarrollo sustentable y Trópico Húmedo). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Costa, J. y De Mello, G. L. (2015). Crescimento alométrico positivo entre características biométricas de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis* Bloch, 1972) cultivados. *Arquivos De Ciências Veterinárias E Zoológica Da UNIPAR*, 18(1).
- Cruz-Botto, S., Roca-Lanao, B., Gaitán-Ibarra, S., Chaparro-Muñoz, N. y Villamizar, N. (2018). Natural vs laboratory conditions on the reproductive biology of common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Aquaculture*, 482, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.013>
- Dawood, M. A., Koshio, S. y Esteban, M. Á. (2017). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 950-974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>
- De Jesus, E. C., Arpini, C. M., Martins, J. D. L., Da Silva, C. B. B., Casthologe, V. D., Clemente-Carvalho, R. B. G. y Gomes, L. C. (2016). Isolation and evaluation of autochthonous *Bacillus subtilis* strains as probiotics for fat snook (*Centropomus parallelus* Poey, 1860). *Journal of Applied Ichthyology*, 32(4), 682-686. <https://doi.org/10.1111/jai.13080>
- Duarte, L. O., Manjarrés-Martínez, L., De la Hoz, J., Cuello, F. y Altamar, J. (2018). *Estado de los principales recursos pesqueros de Colombia. Análisis de indicadores basados en tasas de captura, tallas de captura y madurez*. AUNAP; Universidad del Magdalena.
- Eissa, E. S. H., Baghdady, E. S., Gaafar, A. Y., El-Badawi, A. A., Bazina, W. K., Abd Al-Kareem, O. M. y Abd El-Hamed, N. N. (2022). Assessing the Influence of Dietary *Pediococcus acidilactici* Probiotic Supplementation in the Feed of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) (Linnaeus, 1758) on Farm Water Quality, Growth, Feed Utilization, Survival Rate, Body Composition, Blood Biochemical Parameters, and Intestinal Histology. *Aquaculture Nutrition*, 2022(1), 1-11. <https://doi.org/10.1155/2022/5841220>
- El-Saadony, M. T., Alagawany, M., Patra, A. K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M. A., Dhama, K. y Abdel-Latif, H. M. (2021). The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish & Shellfish Immunology*, 117, 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.07.007>
- Eshak, M. G., Khalil, W. K., Hegazy, E. M., Farag, I. M., Fadel, M. y

- Stino, F. K. (2010). Effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on reduction of aflatoxicosis, enhancement of growth performance and expression of neural and gonadal genes in Japanese quail. *Journal of American Science*, 6(12).
- Farrell, A. P. (2011). Cellular Composition of the Blood. En A. P. Farrell (ed.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment* (pp. 984-991). Academic Press.
- 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>
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Froehlich, H., Gentry, R. y Halpern, B. (2017). Conservation aquaculture: Shifting the narrative and paradigm of aquaculture's role in resource management. *Biological Conservation*, 215, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.012>
- Fry, J. P., Mailloux, N. A., Love, D. C., Milli, M. C. y Cao, L. (2018). Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? *Environmental Research Letters*, 13(2), 024017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa273>
- Gaitán, S., Villamizar, N. y Cotes L. (2023). *Evaluation of the growth of juveniles of Centropomus undecimalis using diets with replacement of fishmeal by soybean meal*. Latin American & Caribbean Aquaculture 2023.
- García, C. B., Duarte, L. O., Altamar, J. y Manjarrés, L. M. (2007). Demersal fish density in the upwelling ecosystem off Colombia, Caribbean Sea: Historic outlook. *Fisheries Research*, 85(1-2), 68-73.
- Gracia-López, V., Rosas-Vázquez, C. y Brito-Pérez, R. (2006). Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 145(3), 340-345. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.07.008>
- Grijalba-Bendeck, M., Leal-Flórez, J., Bolaños-Cubillos, N. y Acero, A. (2017). *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). En V. Chasqui, A. Polanco, A. Acero, P. Mejía-Falla, A. Navia, L. Zapata y J. Caldas (eds.), *Libro rojo de peces marinos de Colombia* (pp. 222-225). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Hauville, M., Zambonino-Infante, J., Migaud, H., Bell, J. G. B. y Main, K. (2013). Effects of probiotics on Pompano (*Trachinotus carolinus*), Common snook (*Centropomus undecimalis*), and Red drum (*Sciaenops ocellatus*) larvae. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 78, 180-183.
- Hidalgo, M. C., Skalli, A., Abellán, E., Arizcun, M. y Cardenete, G. (2006). Dietary intake of probiotics and maslinic acid in juvenile dentex (*Dentex dentex* L.): effects on growth performance, survival and liver proteolytic activities. *Aquaculture Nutrition*, 12(4), 256-266. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00408.x>
- Kamgar, M. y Ghane, M. (2014). Studies on *Bacillus subtilis*, as potential probiotics, on the hematological and biochemical parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 2(5), 203-207. <https://pubs.sciepub.com/jaem/2/5/1/index.html#>
- Lemos, L. S., Angarica, L. M., Hauser-Davis, R. A. y Quinete, N. (2023) Cortisol as a Stress Indicator in Fish: Sampling Methods, Analytical Techniques, and Organic Pollutant Exposure Assessments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(13), 6237. <https://doi.org/10.3390/ijerph20136237>
- Lim, L.C., Dhert, P., Chew, W.Y., Dermaux, V., Nelis, H. y Sorgeloos, P. (2002). Enhancement of Stress Resistance of the Guppy *Poecilia reticulata* through Feeding with Vitamin C Supplement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(1), 32-40. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00475.x>
- Lira, A. S., Frédo F. L., Viana, A. P., Eduardo, L. N. y Frédo, 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.
- Luc, D. M., Masengesho, B. y Le, M. H. (2021). Effects of vitamin C supplementation on growth performance and immune responses of juvenile Waigieu seaperch (*Psammoperca waigiensis*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(3), 126-130. <https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i3b.2497>
- Martínez, P., Ibáñez, A., Monroy, O. y Ramírez-Saad, H. (2012). Use of Probiotics in Aquaculture. *International Scholarly Research Notices Microbiology*, 2012(2). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23762761/>
- Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T.,

- Børgwald, J., Castex, M. y Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302(1-2), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007>
- Michael, S. E., Abarike, E. D y Cai, J. (2019). A Review on the Probiotic Effects on Haematological Parameters in Fish. *Journal of Fisheries Sciences*, 13(3), 25-31.
- Muller, R. y Taylor, R., (2006). *The 2006 Stock assessment update of Common snook, Centropomus undecimalis*. Florida Marine Research Institute.
- Najiah, M., Nadirah, M., Marina, H., Lee, S. W. y Nazaha, W. H. (2008). Quantitative Comparisons of Erythrocyte Morphology in Healthy Freshwater Fish Species from Malaysia. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 3(1), 32-35.
- Nargesi, A. E., Falahatkar, B. y Sajjadi, M. M. (2020). Dietary supplementation of probiotics and influence on feed efficiency, growth parameters and reproductive performance in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock. *Aquaculture Nutrition*, 26(1), 98-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12970>
- Nascimento, I., Santos, J., Souza, J., Neta, R. y De Almeida, Z. (2021). Food and Reproductive Bioecology as a subsidy for the cultivation of the fish *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae) in Brazil: A Systematic Review. *Research, Society and Development*, 10(16). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23893>
- Noffs, A. P., Tachibana, L., Santos, A. A. y 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(04), 267-272. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000400001>
- Noro, M. y Wittwer, F. (2012). *Hematología de salmonídeos*. Master Print.
- Osman, A. G. M., AbouelFadl, K. Y., Abdelreheem, A. M. A., Mahmoud, U. M., Kloas, W. y Moustafa, M. A. (2018) Blood Biomarkers in Nile tilapia *Oreochromis niloticus niloticus* and African Catfish *Clarias gariepinus* to Evaluate Water Quality of the River Nile. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.21767/1307-234X.1000141>
- Peng, S. M., Shi, Z. H., Fei, Y., Gao, Q. X., Sun, P. y Wang, J.G. (2013). Effect of high-dose vitamin C supplementation on growth, tissue ascorbic acid concentrations and physiological response to transportation stress in juvenile silver pomfret, *Pampus argenteus*. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(6), 1337-1341. <https://doi.org/10.1111/jai.12250>
- Perera-García, M, Mendoza-Carranza, M., Contreras-Sánchez, W., Huerta-Ortiz, M. y Pérez-Sánchez, E. (2011). Reproductive biology of common snook *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) in two tropical habitats. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 669-681.
- Peterson, M. S., Brockmeyer, R. E. y Scheidt, D. M. (1991). Hypoxia-induced changes in vertical position and activity in juvenile snook, *Centropomus undecimalis*: its potential role in survival. *Florida Scientist*, 54(3-4), 173-178.
- Phromkunthong, W., Boonyaratpalin, M., Phimonjinda, T. y Storch, V. (1994). Use of ascorbyl-2-monophosphate-magnesium as a dietary source of ascorbic acid for sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch) (Centropomidae). *Aquaculture Research*, 25(9), 955-957. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1994.tb01357.x>
- Polonía, C., Gaitán, S., Chaparro-Muñoz, y Villamizar, N. (2017a). Captura, transporte y aclimatación de juveniles y adultos de róbalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Intropica*, 12(1), 61-64. <https://doi.org/10.21676/23897864.2035>
- Polonía, C., Gaitán, S., Chaparro-Muñoz y Villamizar, N. (2017b). Effect of three diets in the experimental culture of the common snook (*Centropomus undecimalis* Bloch, 1792). *Revista MVZ Córdoba*, 22(3), 6287-6295. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1133>
- Rahman, M. y Baek, H. J. (2019). Evaluation of Erythrocyte Morphometric Indices in Juvenile Red Spotted Grouper, *Epinephelus akaara* under Elevated Water Temperature. *Development & Reproduction*, 23(4), 345-353. <https://doi.org/10.12717/DR.2019.23.4.345>
- Rengpipat, S., Rueangruklikhit, T. y Piyatiratitivorakul, S. (2008). Evaluations of lactic acid bacteria as probiotics for juvenile seabass *Lates calcarifer*. *Aquaculture Research*, 39(2), 134-143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01864.x>
- Robertson, D., Peña, E., Posada, J., Claro, R. y Estape, C. (2023). *Peces Costeros del Gran Caribe: Sistema de Información en Línea. Version 3.0*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.
- Rodríguez, S., Ibáñez, A. y Mantilla, N. (2016). *La pesca ilegal marina en Colombia*. Procuraduría General de la Nación; Fundación MarViva.
- Ross, L., Martínez, C. y Morales, E. (2008). Developing native fish

- species for aquaculture: the interacting demands of biodiversity, sustainable aquaculture and livelihoods. *Aquaculture Research*, 39(7), 675-683. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01920.x>
- Ruas, C. B. G., Carvalho, C. D., De Araújo, H. S. S., Espíndola, E. L. G. y Fernandes, M. N. (2008). Oxidative stress biomarkers of exposure in the blood of cichlid species from a metal-contaminated river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(1), 86-93.
- Sahoo, P. K. y Mukherjee, S. C. (2003). Immunomodulation by dietary vitamin C in healthy and aflatoxin B1-induced immunocompromised rohu (*Labeo rohita*). *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 26(1), 65-76. [https://doi.org/10.1016/S0147-9571\(01\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0147-9571(01)00038-8)
- Schneider, C. A., Rasband, W. S. y Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Silvão, C.F. y Nunes, A. J. P. (2017). Effect of dietary amino acid composition from proteins alternative to fishmeal on the growth of juveniles of the common snook, *Centropomus undecimalis*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(7), 569-575. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000700003>
- Souza-Filho, J. J. D. y Cerqueira, V. R. (2003). Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(11), 1317-1322. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001100010>
- Taherpour, M., Roomiani, L., Islami, H. R. y Mehrgan, M. S. (2023). Effect of dietary butyric acid, *Bacillus licheniformis* (probiotic), and their combination on hemato-biochemical indices, antioxidant enzymes, immunological parameters, and growth performance of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Reports*, 30, 101534.
- Tarnecki, A. M., Wafapoor, M., Phillips, R. N. y Rhody, N. R. (2019). Benefits of a *Bacillus* probiotic to larval fish survival and transport stress resistance. *Scientific Reports*, 9(1), 4892. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39316-w>
- Tavares-Dias, M., Melo, J. F. B., Moraes, G. y Moraes, F. R. D. (2002). Características hematológicas de teleósteos brasileiros: IV. Variáveis do jundiá *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). *Ciência Rural*, 32(4), 693-698. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000400024>
- Trichet, V. V., Santigosa, E., Cochin, E. y Gabaudan, J. (2015). The Effect of Vitamin C on Fish Health. En C. S. Lee, C. Lim, D. M. Gatlin y C. D. Webster (eds.), *Dietary Nutrients, Additives, and Fish Health* (pp. 151-171). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119005568>
- Torrissen, O., Olsen, R. E., Toresen, R., Hemre, G. I., Tacon, A. G., Asche, F., Hardy, R. W. y Lall, S. (2011). Atlantic Salmon (*Salmo salar*): The "Super-Chicken" of the Sea? *Reviews in Fisheries Science*, 19(3), 257-278. <https://doi.org/10.1080/10641262.2011.597890>
- Tucker, J. W. (1987). Snook and Tarpon Snook Culture and Preliminary Evaluation for Commercial Farming. *The Progressive Fish-Culturist*, 49(1), 49-57. <https://eurekamag.com/research/001/685/001685211.php>
- Vázquez, G. R. y Guerrero, G. A. (2007). Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Tissue and Cell*, 39(3), 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.tice.2007.02.004>
- Villamizar, N., De Luque, A. y Gaitán-Ibarra, S. (2021). Evaluation of eugenol as a sedative for the transportation of common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Aquaculture Research*, 52(11), 5898-5902. <https://doi.org/10.1111/are.15400>
- Wang, X. J., Kim, K. W., Bai, S. C., Huh, M. D. y Cho, B. Y. (2003). Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Aquaculture*, 215(1-4), 21-36. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00042-X)
- Yang, D. X., Yang, H., Cao, Y. C., Jiang, M., Zheng, J. y Peng, B. (2021). Succinate Promotes Phagocytosis of Monocytes/Macrophages in Teleost Fish. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, 644957. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.644957>
- Zatán, A. E., Castillo, D., Castañeda, A. E., Feria, M. A., Toledo, O. E., Aguilar, J. L., Cueva M. D. y Motte, E. (2020). Characterization of the intestinal microbiota in snook (*Centropomus* sp.) and isolation of potential probiotic bacteria. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú (RIVEP)*, 31(3). <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/16036>
- Zhang, G., Wang, S., Chen, C., Ma, Y., Xie, D., Wang, Y., Sun, L., You C. y Li, Y. (2019). Effects of dietary vitamin C on growth, flesh quality and antioxidant capacity of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus*. *Aquaculture Research*, 50(10), 2856-2866. <https://doi.org/10.1111/are.14239>