



## Efecto de curcuminoides y carotenoides en el crecimiento y respuesta inmune de alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Astrid M. Romero Talavera<sup>1</sup>

[astridmireyaromerotalavera@gmail.com](mailto:astridmireyaromerotalavera@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0005-1112-3246>

Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional  
del Centro del Perú  
Huancayo- Perú

Moisés R. Mendoza Alvarez,

[mmalvarez@uncp.edu.pe](mailto:mmalvarez@uncp.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0001-7831-4964>

Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional  
del Centro del Perú,  
Huancayo- Perú

Armando Aquino Tacza

[armandoat@uncp.edu.pe](mailto:armandoat@uncp.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0001-5153-6743>

Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional  
del Centro del Perú  
Huancayo- Perú

Ketty E. Quispe Torre

[kettyquispe@yahoo.com](mailto:kettyquispe@yahoo.com)

<https://orcid.org/0009-0008-1145-8689>

Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional  
del Centro del Perú,  
Huancayo- Perú

### RESUMEN

La *Curcuma longa* y *Bixa orellana* son dos especies de plantas que ejercen propiedades fitoterapéuticas, antibacterianas, inmunomoduladoras y antioxidantes en el organismo. La presente investigación se realizó en el Centro Piscícola Aqua San Pedro S.A.C, con el objetivo de evaluar el efecto de los curcuminoides de *Curcuma longa* y carotenoides de *Bixa orellana* en el crecimiento y respuesta inmune de alevines de trucha arcoíris. Se formularon 4 dietas experimentales que contenían 80 y 100 mg de curcuminoides y carotenoides / Kg de alimento y una dieta testigo, la fase de experimentación tuvo una duración de 5 meses y una muestra de 500 alevines/tratamiento. Se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre las dietas donde se adicionó curcuminoides y carotenoides para las variables crecimiento y respuesta inmune. Los mejores resultados obtenidos en ganancia de peso (18.60g), conversión alimenticia (1.19), tasa específica de crecimiento (2.81%/día) y sobrevivencia (90%) fueron logrados con el T2 donde se adicionó 100 mg curcuminoides; por otro lado se obtuvo un FCA mayor y resultados menores en ganancia de peso, SGR y tasa de sobrevivencia con los tratamientos T3 y T4 donde se incorporó 80 y 100 mg de carotenoides respectivamente y la dieta testigo. En la evaluación hematológica, se mostró un efecto positivo para los tratamientos con curcuminoides, los mejores resultados en hematocrito (31.80%) y hemoglobina (9.52 g/dL) fueron obtenidos con el T2; así también, el T1 obtuvo los mejores resultados para el parámetro Wbc ( $2.84 \times 10^4/\mu\text{L}$ ), mientras que los tratamientos con carotenoides y testigo obtuvieron resultados inferiores a los mencionados.

**Palabras claves:** alevines, desarrollo, dietas experimentales, inmunidad.

---

<sup>1</sup> Autor principal

## Effect of curcuminoids and carotenoids on the growth and immune response of rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*)

### ABSTRACT

*Curcuma longa* and *Bixa orellana* are two species of plants that have phytotherapeutic, antibacterial, immunomodulatory and antioxidant properties in the body. The present investigation was carried out at the Centro Piscícola Aqua San Pedro S.A.C, with the objective of evaluating the effect of curcuminoids from *Curcuma longa* and carotenoids from *Bixa orellana* on the growth and immune response of rainbow trout fingerlings. 4 experimental diets containing 80 and 100 mg of curcuminoids and carotenoids/Kg of food and a control diet were formulated, the experimental phase lasted 5 months and a sample of 500 fingerlings/treatment. A statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) was found between the diets where curcuminoids and carotenoids were added for the growth and immune response variables. The best results obtained in weight gain (18.60g), feed conversion (1.19), specific growth rate (2.81%/day) and survival (90%) were achieved with T2 where 100 mg curcuminoids were added; On the other hand, a higher FCA and lower results in weight gain, SGR and survival rate were obtained with the T3 and T4 treatments where 80 and 100 mg of carotenoids were incorporated respectively and the control diet. In the hematological evaluation, a positive effect was shown for the treatments with curcuminoids, the best results in hematocrit (31.80%) and hemoglobin (9.52 g/dL) were obtained with T2; likewise, the T1 obtained the best results for the Wbc parameter ( $2.84 \times 10^4$  / $\mu$ L), while the treatments with carotenoids and control obtained lower results than those mentioned.

**Keywords:** fingerlings, development, experimental diets, immunity .

*Artículo recibido 20 marzo 2023*

*Aceptado para publicación: 05 abril 2023*

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de truchas en el Perú, es una de las actividades pecuarias que en los últimos 10 años ha venido creciendo de manera acelerada, siendo las regiones de Puno, Junín y Huancavelica las de mayores producciones a nivel nacional (PRODUCE,2022). Sin embargo, las altas tasas de mortalidad en la etapa de alevinaje, a causa de enfermedades provocadas por bacterias, hongos y virus siguen siendo un problema latente en el cultivo de truchas a nivel nacional (Montesinos, 2018). La inmunonutrición es una materia emergente que estudia la interacción entre la nutrición y la inmunidad, donde se puede evaluar el efecto de la incorporación de ciertos componentes bioactivos sobre el crecimiento y la respuesta inmune de los peces, mejorando la actividad del sistema inmune y brindando un mayor grado de protección frente a antígenos; así pues, los alimentos convencionales que se utilizan en la acuicultura deben ser capaces de cubrir con los requerimientos esenciales para que el sistema inmune funcione de manera eficiente (Camilo, 2013).

En la actualidad, las dietas que se formulan para alevines, son incapaces de fortalecer su capacidad inmune, por lo contrario, se utilizan una gama de fármacos veterinarios para el control o prevención de enfermedades como hongos y flavobacterias en las piscifactorías, que ha conllevado a generar enfermedades resistentes a los mismos, disminuyendo su efectividad, por lo que muchos acuicultores optan por aumentar la dosis de medicamento para solucionar este problema, sin embargo, generan un ambiente tóxico para estos organismos acuáticos (Bravo, 2010).

La *Curcuma longa* perteneciente a la familia de las Zingiberaceae, es una planta cuyo principal componente activo es la curcumina, por sus características de composición pertenece al grupo de los polifenoles que poseen diversidad de moléculas responsables de sus propiedades fitoterapéuticas (García et al., 2017). Otra actividad importante que se le atribuye a la curcuma es su capacidad inmunomoduladora, capaz de incrementar la respuesta de los linfocitos y la actividad fagocítica de los macrófagos (Mesa et al.,2000). Así también, los carotenoides de *Bixa orellana* vienen siendo utilizados en la industria acuícola como un buen pigmentante en la etapa de acabado, no obstante, se

ha demostrado que su inclusión a niveles bajos en la dieta de truchas en etapas iniciales puede mejorar significativamente el crecimiento y promover la supervivencia de las mismas (Nakano y Wiegertjes, 2020). Ambos bioactivos son capaces de prevenir diversas enfermedades que atacan a esta especie (Calvo, 2011) y los residuos no son agresivos con el medio acuícola.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la adición de fitoquímicos de la *Cúrcuma longa* y *Bixa orellana* sobre el crecimiento y la respuesta inmune de alevines de trucha Arco Iris.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 Fitoquímicos**

Se llevó a cabo en el laboratorio de química de alimentos de la FIIA y en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional del Centro del Perú- Mantaro, donde se realizó el secado y extracción de los fitoquímicos de la cúrcuma y el achiote.

### **2.2 Preparación de las dietas**

Para la elaboración de los tratamientos, se utilizó alimento balanceado de la marca Nicovita para cada etapa de desarrollo desde alimento pre-inicio, inicio y crecimiento 1 (origin 0.3, origin 0.6, classic 2 y classic 5) a estos se les adicionó curcuminoides y carotenoides a concentraciones de 80 y 100 mg.

### **2.3 Metodología**

Se utilizarón 500 alevines/tratamiento, cuyo tamaño oscilaba entre los 2.5 a 3 cm y con un peso aproximado de 0.16 a 0.25 g. En la etapa de alevinos iniciales, se suministró alimento pre-inicio + fitoquímicos, con una frecuencia alimenticia AD LIBITUM con 50% de proteína. Posteriormente cuando los alevines tenían entre 3-4 cm se empezó con alimento iniciador + curcuminoides o carotenoides, a una frecuencia alimenticia de 6-7 veces por día. Cuando los alevines tenían entre 5-6 cm se comenzó a suministrar alimento tipo crecimiento 1, 3 veces al día.

## 2.4 Toma de muestras

Finalizada la fase de experimentación, se realizó las mediciones de peso(g) y longitud(cm). Se dejó de alimentar a las truchas 12 horas antes de realizar las mediciones de tamaño y peso, se llenaron con agua del mismo estanque baldes de 20L previo a la captura, posteriormente con ayuda de un saíné se capturaron a los alevines, cada ejemplar de alevín fue medido con ayuda de un ictiometro graduado y pesado en una balanza de precisión electrónica.

Con los datos de peso(g) y longitud(cm) se obtuvo la tasa específica de crecimiento (SGR), el factor de conversión alimenticio (FCA), factor de condición (K) y la ganancia de peso.

- a. Ganancia de peso= ganancia de peso final – ganancia de peso inicial
- b. Tasa específica de crecimiento (SGR)=  $[(\logaritmo \text{ de la biomasa final} - \logaritmo \text{ de la biomasa inicial}) / \text{tiempo}] * 100$
- c. Factor de conversión alimenticia (FCA) =  $\text{Alimento suministrado} / (\text{biomasa final} - \text{biomasa inicial})$
- d. Factor de condición(K)=  $(\text{Peso de la trucha (g)} / \text{longitud}^3 \text{ (cm)}) * 100$

Para la obtención de datos de los parámetros hematológicos, se colocaron a los peces en baldes de 20L con agua y esencia de clavo de olor, con el fin de insensibilizar a los alevines y facilitar su manejo, acto seguido se colectaron muestras de cada trucha, se usó jeringas de 1 ml extrayendo sangre de la vena caudal (Amar et al.,2000), las muestras que contenían 0.3 ml de sangre fueron depositadas en tubos vacutainer con sales EDTA, debidamente rotuladas y almacenadas bajo cero. Posteriormente fueron llevadas a un laboratorio para el respectivo análisis hematológico.

### a. Hematocrito

El método para obtener el hematocrito en sangre, inicia con la colocación de las muestras en tubos capilares que son tapados, luego los capilares son llevados a una centrífuga de microhematocrito

durante 5 minutos, luego con ayuda del disco para hematocrito se puede leer los resultados expresado en porcentaje.

#### **b. Hemoglobina**

El proceso para la obtención de hemoglobina expresada en g/dL, con una pipeta la sangre es depositada en un tubo donde se diluye en líquido de Drabkin, se deja reposa de 5-10 minutos, esta sustancia convierte la hemoglobina en cianometahemoglobina, posteriormente se lee la absorbancia en un espectrófotómetro en cero.

#### **c. Leucocitos**

El recuento de los glóbulos blancos, inicia cuando las muestras son colocadas con ayuda de una pipeta, en tubos que contenga el reactivo de Turk, se procede a mezclar manualmente, luego se lleva a la cámara de Neubauer una pequeña muestra en una laminilla, previa eliminación de 3 primeras gotas, posteriormente se enfoca con un microscopio con objetivo de 10x y se cuenta los 4 angulares, los resultados son expresados en cel.  $\times 10^4/\mu\text{L}$ .

### **2.5 Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un solo factor y 2 niveles (80 y 100 mg/ Kg de alimento).

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) a un 5% de error, además de realizarse la prueba de Tukey con el fin de comparar los promedios obtenidos y determinar la significancia de las dietas suministradas con diferentes concentraciones de curcuminoides y carotenoides, para ello se utilizó el programa IB SPSS Statistics 22.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Parámetros crecimiento

En la tabla 1 se muestran los resultados de la presente investigación, que permite afirmar que los alevines de trucha arco iris respondieron de manera correcta a los tratamientos suplementados, siendo las dietas (T1 y T2) con curcuminoides la de mejores resultados en cuanto a incremento de peso (g), tasa específica de crecimiento y factor de conversión alimenticia, coincidiendo con los resultados obtenidos por Enis et al. (2019)

**Tabla 1. Resultados del crecimiento en alevines de trucha arcoíris con diferentes tratamientos con curcuminoides y carotenoides**

PARAMETROS	TRATAMIENTOS				
	CONTROL	T1	T2	T3	T4
	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE
Peso inicial (g)	0.23 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.25 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.24 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
Peso final (g)	16.4 $\pm$ 0.65 <sup>b</sup>	18.65 $\pm$ 0.82 <sup>a</sup>	18.85 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	17.03 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>	16.58 $\pm$ 0.62 <sup>b</sup>
Ganancia de peso (g)	16.17 <sup>b</sup>	18.42 <sup>a</sup>	18.60 <sup>a</sup>	16.79 <sup>b</sup>	16.35 <sup>b</sup>
FCA	1.33 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	1.19 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.19 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.27 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	1.30 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>
SGR (%/día)	2.60 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.81 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	2.81 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	2.70 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	2.66 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
Longitud final (cm)	11.06 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	11.38 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	11.54 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	11.26 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	11.10 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>
FC	1.21 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	1.27 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	1.23 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	1.19 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.21 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Sobrevivencia (%)	70 <sup>c</sup>	85 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	82 <sup>b</sup>	82 <sup>b</sup>

### **Peso total**

Los resultados obtenidos en cuanto al peso total (g), muestra que las dietas adicionadas con curcuminoides fueron superiores al tratamiento control y a las dietas con carotenoides, dichos resultados concuerdan con los de Yonar et al. (2019), que utilizó tratamientos con diferentes concentraciones de curcumina, siendo la dieta con 2% de curcumina la de mejores resultados en cuanto a este parámetro con 41.77g frente al control con 37.34g. Por su parte las dietas suplementadas con carotenoides no tuvieron diferencia estadística significativa frente a la dieta testigo coincidiendo con los reportes obtenidos por Amar et al. (2000) donde concluyó que el B-caroteno no fue eficiente para mejorar este parámetro.

### **Tasa específica de crecimiento**

La tasa específica de crecimiento es un indicador que señala cuanto porcentualmente ha crecido el pez(g)/día durante el lapso de tiempo que se desarrolló la investigación; los resultados obtenidos indican que la dieta con 100 mg de curcuminoides/Kg alimento fue superior a los demás tratamientos incluido el control existiendo diferencia estadística significativa con un SGR de 2.81% g/día, superior a los obtenidos por Yonar et al. (2019) con un SGR de 1.52% g/día con la dieta de curcumina al 2%, Así también, en cuanto a dietas suplementadas con carotenoides se obtuvieron datos superiores a los registrados por Rodríguez (2016) que utilizó dietas con carotenoides y probióticos, obteniendo un SGR de 1.70% encontrando diferencia significativa frente a la dieta control, así también Rahman et al.(2016) incluyó carotenoides en la dieta de truchas juveniles, no encontraron diferencias estadísticas significativas entre el control y los diferentes niveles de concentración de astaxantinas.

### **Factor de condición**

El factor de condición de Fulton (K) es uno de los parámetros biológicos medidos más importantes, ya que nos indica las condiciones de cultivo en las que se encuentra un pez, valores bajos reflejan algún tipo de problema en la crianza como altas densidades, desnutrición, enfermedades, mala calidad



de agua, entre otros factores; para poder hallar este valor numérico se necesita saber la relación entre la talla y el peso de la trucha. Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ), siendo el tratamiento con curcuminoides el de mayor K, estos resultados son superiores a los reportados por Rodríguez (2016) que obtuvo un factor de condición de 1.19 con una dieta suplementada con carotenoides, no encontrando diferencia significativa entre sus tratamientos ( $p > 0.05$ ).

### **Ganancia de peso total**

Los resultados obtenidos en la ganancia de peso total a los 150 días de experimentación, indicaron que los mejores promedios se alcanzaron con los tratamientos que adicionaron 80 y 100 mg de curcuminoides, existiendo diferencia significativa frente a la dieta testigo, coincidiendo con lo reportado por Enis et al. (2019) que obtuvo la mejor ganancia de peso con 41.77g utilizando 2% de curcumina encontrando diferencia estadística significativa frente a su tratamiento control. Así también, no se encontraron diferencias significativas entre las dietas con carotenoides y el control coincidiendo con lo mencionado por Amar et al. (2000) cuyos resultados no fueron significativos para este parámetro utilizando el B-caroteno, similares conclusiones también fueron mencionados por Rahman et al. (2016) donde la astaxantinas a diferentes niveles no fue particularmente eficiente para este indicador; sin embargo Rodríguez (2016) obtuvo resultados diferentes reportando mejores ganancias con la utilización de carotenoides + probióticos con incrementos de peso diario de 4.92g. habiendo diferencia significativa con la dieta control.

### **Factor de conversión alimenticia**

El factor de conversión alimenticia es una de los indicadores productivos que nos ayuda a evaluar la eficiencia alimentaria ya que relaciona la cantidad de alimento suministrado con la ganancia de biomasa final, para salmónidos un FCR promedio adecuado se encuentra dentro de un rango de 1-1.2. Los resultados obtenidos en la investigación revelan FCR menores a 1.33, siendo las dietas con curcuminoides la de mejores promedios con un 1.19, encontrando diferencia significativa con las

dietas con carotenoides y control. Yonar et al. (2019) reportaron FCR de 1.12 utilizando curcumina al 2% frente al tratamiento control con 1.22, los autores atribuyen estos buenos resultados a las propiedades digestivas que posee la cúrcuma, sin embargo, Rahman et al. (2016) reportaron no diferencia estadística significativa para este indicador utilizando curcuminoides + selenio.

### **Longitud total**

La longitud total (cm) obtenida indicó que no hubo diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos, el rango obtenido se encuentra entre 11.06 a 11.54 cm, siendo el tratamiento con curcuminoides el que obtuvo la mayor longitud, contrario a lo reportado por Andino y López (2011) que si encontraron diferencia significativa entre las dietas que suministraron, siendo el tratamiento con 120 ppm carotenoides y 0.05% selenio orgánico que obtuvo la mayor longitud promedio de 30.57 cm, datos similares obtuvo Rodríguez (2016) reportando diferencia significativa para este parámetro, siendo la dieta con probióticos + carotenoides la de mejores resultados frente al control.

### **Sobrevivencia**

Los tratamientos donde se adicionó curcuminoides en sus diferentes concentraciones obtuvieron los mejores porcentajes de sobrevivencia entre un 85-90%, seguido de las dietas suplementadas con carotenoides, las dietas donde se utilizaron fitoquímicos fueron superiores al tratamiento control, con diferencia estadística significativa ( $p<0.05$ ). Yonar et al (2019) reportó una tasa de sobrevivencia del 100 % utilizando curcumina durante 8 semanas, de igual forma Ríos y Ubidia (2014) obtuvieron los mejores % de supervivencia utilizando aceites esenciales de cúrcuma al 0.2% con un porcentaje de mortalidad de 0.64% frente al testigo. Por otro lado, Rodríguez (2016) reportó mejores tasas de sobrevivencia de 90 y 100% suplementando carotenoides y la combinación de carotenoides más probióticos a la dieta; en la presente investigación los carotenoides de *Bixa orellana* obtuvieron mejores resultados en cuanto a este parámetro con un 82% teniendo diferencia estadística significativa frente al testigo.

### **3.2 Parámetros hematológicos**

#### **Hematocrito**

En esta investigación los datos obtenidos nos indican que hubo una mejor respuesta con la dieta donde se añadió curcuminoides con 31.80%, existiendo diferencia estadísticamente significativa frente a la dieta control, sin embargo este resultado puede ser considerado como normal, ya que Folmar (1993) reporta rangos adecuados de hematocrito de entre 24-43%; datos que se encuentran dentro de estos rangos fueron hallados por Yonar et al.(2019) donde adicionaron curcumina en diferentes porcentajes, obteniendo % de hematocrito de 41.55-42.35 % con diferencia significativa frente al control (34.27%).

Por otro lado Rodríguez (2016) obtuvo los mejores resultados en cuanto a este parámetro, utilizando carotenoides + probióticos (41.25%) con diferencia estadísticamente significativa con el testigo; así también Rodríguez y Andino (2011) obtuvieron un porcentaje mayor de hematocrito (49.67%) utilizando 80 ppm carotenoides + 0.05% selenio, donde a medida que incrementaron el porcentaje de selenio en la dieta, los resultados de hematocrito fueron mejores, con diferencia significativa con las 2 dietas control de alimento pigmento y aceite de krill, con valores de 42.83 y 43.33% respectivamente. Todos los datos mencionados en cuanto al parámetro hematocrito pueden ser considerados normales, sin embargo, ciertos aditivos pueden mejorar estos rangos, en el presente trabajo de investigación la adición de curcuminoides al alimento, mejoró de manera positiva el parámetro hematocrito frente al control y los tratamientos con Bixina.

#### **Hemoglobina**

La hemoglobina es un componente muy importante en los glóbulos rojos, capaz de transportar el oxígeno a todo el organismo. Folmar (1993) mencionó rangos normales de hemoglobina en truchas arcoíris entre 9.5-10 g/dL, en el presente trabajo de investigación, la mejor media fue de 9.52 g/dL con el tratamiento de 100 mg de curcuminoides y con diferencia estadísticamente significativa frente al control, datos inferiores fueron reportados por Yonar et al. (2019) que obtuvo los mejores

resultados (7.99 g/dL) utilizando curcumina al 2% concluyendo que este fitoquímico afecto positivamente en este parámetro hematológico. Por otro lado Andino y López (2011) encontraron mejores resultados utilizando 80 ppm carotenoides + 0.05% selenio orgánico con una hemoglobina de 9.28 g y diferencia significativa con la dieta con alimento pigmentado y aceite de krill, con 8.81 y 7.65 g/dL respectivamente.

### Leucocitos

Los glóbulos blancos son las células del sistema inmunológico que protegen al organismo de infecciones y otras enfermedades. Yonar et al. (2019) obtuvo resultados favorables respecto a este parámetro utilizando curcumina al 2%, con un recuento de glóbulos blancos de  $2.90 \times 10^4/\mu\text{L}$ ; de igual forma, en la presente investigación, el tratamiento de 80 mg de curcuminoides obtuvo los mejores resultados ( $2.84 \times 10^4/\mu\text{L}$ ) con diferencia estadísticamente significativa frente al control y los tratamientos con carotenoides de *Bixa orellana*; no obstante, Rodríguez (2016) encontró que las dietas con adición de carotenoides de chile ancho + probióticos aumentaron de manera significativa la defensa inmunitaria de los ejemplares en estudio, con un resultado de  $3.30 \times 10^4/\mu\text{L}$  frente a la dieta testigo ( $2.25 \times 10^4/\mu\text{L}$ ). Por otro lado, Andino y López (2011) obtuvieron mejores resultados utilizando 80 ppm carotenoides + 0.03% selenio orgánico con un recuento de 18.5 UI pero sin diferencia estadísticamente significativa frente al control para esta variable. En la tabla 2 se muestran los resultados de los parámetros hematológicos medidos en la presente investigación

**Tabla 2. Resultados de los parámetros hematológicos en alevines de trucha arcoíris con diferentes tratamientos con curcuminoides y carotenoides**

PARAMETROS	Hct (%)	Hgb g/dL	Wbc cel x $10^4/\mu\text{L}$
TRATAMIENTOS	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE	Media $\pm$ EE
To : testigo	17.16 $\pm$ 1.60 <sup>b</sup>	8.20 $\pm$ 1.55 <sup>b</sup>	2.32 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>
T1: 80 mg curcuminoides	27.28 $\pm$ 4.73 <sup>a</sup>	9.22 $\pm$ 0.85 <sup>a</sup>	2.84 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
T2: 100 mg curcuminoides	31.80 $\pm$ 2.68 <sup>a</sup>	9.52 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>	2.72 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
T3:80 mg carotenoides	22.08 $\pm$ 1.84 <sup>b</sup>	8.78 $\pm$ 0.81 <sup>b</sup>	2.33 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>
T4: 100 mg carotenoides	18.70 $\pm$ 1.12 <sup>b</sup>	8.10 $\pm$ 0.68 <sup>b</sup>	2.66 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>

## CONCLUSIÓN

Los parámetros de crecimiento y respuesta inmune estimados indican que los alevines de trucha arcoíris respondieron de manera más eficiente con los tratamientos donde se adicionó 80 y 100 mg de curcuminoides, además de tener los mejores porcentajes de sobrevivencia con 85-90%. Con los resultados obtenidos se concluye que la adición de curcuminoides de *Curcuma Longa* y carotenoides de *Bixa orellana* mejoró de manera positiva los parámetros de crecimiento, además la curcumina logró mejorar los parámetros hematológicos por ende la respuesta inmune de los alevines de trucha arcoíris, acentuando lo reportado por otros autores sobre los beneficios de incluir aditivos naturales en las dietas para peces.

## AGRADECIMIENTO

Al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PINPA) y a la entidad Ejecutora UNCP por el Financiamiento en la Ejecución del Subproyecto de Investigación: PNIPA – ACU – SIADE – PP – 0081: Uso de fitoquímicos: “Adición de curcuminoides de (*Cúrcuma longa*)” y carotenoides de (*Bixa orellana*) en la dieta y su efecto en la tasa de crecimiento y respuesta inmune de alevinos y mejora de la capacidad reproductora de truchas arco iris. región Junín”

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bravo, S. (2010). Uso de fármacos y otros productos químicos en la producción de salmónidos. Instituto de Acuicultura; Universidad Austral de Chile.
- Camilo,D.(2013). Nutriendo el sistema inmune de los peces. Department of Wildlife and Fisheries Sciences
- Folmar, L. (1993), Efectos de los contaminantes químicos en la química sanguínea de los peces teleósteos: bibliografía y sinopsis de efectos seleccionados. Toxicología y química ambiental, 12: 337-375. <https://doi.org/10.1002/etc.5620120216>

- García Ariza, L., Olaya Montes, J., Sierra Acevedo, J., Padilla Sanabria, L. (2017). Actividad biológica de tres Curcuminoides de *Curcuma longa* L. (*Curcuma*) cultivada en el Quindío-Colombia. *Revista cuba. plantas med*; 22(1). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-901502?lang=es>
- Mesa, D., Ramírez-Tortosa, M. C., Aguilera, C. M., Ramírez-Bosca, A. y Gil, A. (2000). Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa* L. y de los curcuminoides. *Ars Pharmaceutica*. <https://www.ugr.es/~ars/abstract/41-307-00.pdf>
- Montesinos, J. (2018). Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en centros de cultivo del Lago Titicaca.
- Nakano, T., & Wiegertjes, G. (2020). Properties of Carotenoids in Fish Fitness: A Review. *Marine drugs*, 18(11), 568. <https://doi.org/10.3390/md18110568>
- Rahman, M. M., Khosravi, S., Chang, K. H., & Lee, S. M. (2016). Effects of Dietary Inclusion of Astaxanthin on Growth, Muscle Pigmentation and Antioxidant Capacity of Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Preventive nutrition and food science*, 21(3), 281–288. <https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.3.281>
- Rodríguez Ramírez, A. (2016). *Efecto de los carotenoides y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color de filete, carotenoides totales y estrés térmico en la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Mexico. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/486/408671.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Ramírez, A. (2016). *Efecto de los carotenoides y los probióticos sobre los parámetros de desempeño, hematológicos, bioquímicos, color de filete, carotenoides totales y estrés térmico*

*en la trucha arcoíris* (*Oncorhynchus mykiss*) [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Mexico.

<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/486/408671.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sistema Nacional de Acuicultura. (2022). Manual para una acuicultura sostenible Cultivo de trucha.

Ministerio de Producción. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2022/09/Manual-de-Trucha-1.pdf>

Yonar, M. E., Mişe Yonar, S., İspir, Ü., & Ural, M. Ş. (2019). Effects of curcumin on haematological values, immunity, antioxidant status and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Aeromonas salmonicida* subsp. *achromogenes*. *Fish & shellfish immunology*, 89, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.03.038>