

Revista Ciencias del Mar UAS



Enero - Marzo 2025

Núm. 2 Vol.2

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



**Edición
especial
mujeres
en las ciencias
del mar**

ISSN (en trámite)



Artículo Científico

Efecto de dietas suplementadas con pulpa de ciruela del monte (*Cyrtocarpa edulis*) en juveniles de jurel *Seriola rivoliana* sobre el crecimiento, sistema inmune y protección contra *Aeromonas veronii*

Effect of diets supplemented with Mountain plum (*Cyrtocarpa edulis*) pulp in juvenile Almaco Jack *Seriola rivoliana* on growth, immune system and protection against *Aeromonas veronii*

latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



1. Martha Reyes-Becerril
Grupo de Inmunología y Vacunología.
Línea de Fitoquímica Aplicada a la Salud Animal (FASA). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz B.C.S. 23096, México
Autor de correspondencia: mreyes04@cibnor.mx

Efecto de dietas suplementadas con pulpa de ciruela del monte (*Cyrtocarpa edulis*) en juveniles de jurel *Seriola rivoliana* sobre el crecimiento, sistema inmune y protección contra *Aeromonas veronii*

Effect of diets supplemented with Mountain plum (*Cyrtocarpa edulis*) pulp in juvenile Almaco Jack *Seriola rivoliana* on growth, immune system and protection against *Aeromonas veronii*

▶ RESUMEN

Este estudio investiga el efecto de dietas suplementadas con pulpa de ciruela del monte *C. edulis* (*CeF*) (0.5%, 5g/kg de alimento) en juveniles de jureles *Seriola rivoliana* sobre parámetros zootécnicos, inmunitarios en suero, así como salud intestinal a las dos y cuatro semanas, y a la semana cinco después de un reto infeccioso contra la bacteria *Aeromonas veronii*. En general, se observó un incremento significativo en ganancia de peso y crecimiento absoluto después del reto infeccioso en peces alimentados con *CeF* en comparación con el control. Los valores de los parámetros inmunitarios como mieloperoxidasa y óxido nítrico, así como la actividad de las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa y catalasa, se incrementaron en suero de peces alimentados con *CeF* en todos los tiempos de muestreo. Finalmente, en el intestino posterior de los peces suplementados con dietas ricas en *CeF* se observó un incremento en las células caliciformes, esto se puede asociar a un incremento en la producción de moco para una mayor protección de las mucosas y una mejor salud intestinal. Los resultados demuestran que la pulpa de ciruela del monte es una alternativa potencial como aditivo inmunoestimulante en peces ayudando a incrementar su resistencia ante infecciones contra *A. veronii*.

Palabras claves: Ciruela del monte, dietas, crecimiento, sistema inmune, jurel.



▶ ABSTRACT

This study investigates the effect of diets supplemented with *C. edulis* (*CeF*) (0.5%, 5g/kg of feed) in Almaco Jack *Seriola rivoliana* on zootechnical and serum immune parameters, as well as intestinal health at two, four and five weeks after an infectious challenge against the *A. veronii* bacteria. Overall, a significant increase in weight gain and absolute growth was observed after the infectious challenge in fish fed *CeF* compared to the control. Immune parameters such as myeloperoxidase and nitric oxide, as well as the antioxidant enzymes superoxide dismutase and catalase were increased in serum from fish fed *CeF* at all sampling times. Finally, an increase in goblet cells was observed in the anterior intestine of fish supplemented with diets rich in *CeF*, this translates into an increase in mucus production for greater protection of the mucosa and better intestinal health in fish. The results demonstrate that *C. edulis* fruit is an alternative with great potential as an immunostimulant additive in fish, helping to increase their resistance to infections with *A. veronii*.

Keywords: *Cyrtocarpa edulis*, diets, growth parameters, immune system, Almaco Jack

▶ INTRODUCCIÓN

La acuicultura es uno de los sectores de mayor crecimiento a nivel mundial, por lo que la implementación de nuevos sistemas eco-amigables debe ser propuesta para mitigar efectos dañinos, entre ellos el uso de antibióticos. Las plantas medicinales, además de ser una fuente ecológica son económicas y fáciles de obtener. Recientemente, en acuicultura, se han evaluado por sus efectos antioxidantes, inmunoestimulantes, antimicrobianos y antiinflamatorios. Varios extractos de plantas han sido evaluados por incrementar la resistencia ante infecciones causadas por bacterias en peces (Palanikani, Chanthini, Soranam, Thanigaivel, Karthi, SenthilNathan Murugesan, 2020; Abu-Zahra, ElShenawy, Ali, Al-sokary, Mousa, El-Hady, 2024; Ghada, El-Gammal, Gehan, Ali, Aly, Saif, Shaimaa, Elbaz, Sabreen, E., Fadl, Nagwa, Abu-Zahra, 2025). México es un país rico en plantas



medicinales que han sido usados por los antiguos pobladores para aliviar padecimientos y enfermedades en humanos, sin embargo, su estudio y evaluación en la acuicultura mexicana es reciente. El árbol de ciruelo del monte *Cyrtocarpa edulis* es una especie endémica de México que crece en la región sureste de la península de Baja California (León de la Luz, Pérez Navarro 2007). Este árbol da un fruto comestible en temporada de lluvias (junio-septiembre) conocido como “ciruela del monte” de color amarillo con fruto carnoso y ligero sabor ácido. Este fruto es usado principalmente para la elaboración artesanal de licores y mermeladas. Pocos son los estudios sobre sus efectos biológicos, entre ellos, se ha evaluado su efecto antimicrobiano utilizando extractos de hojas (Encarnación-Dimayuga, Virgen, Ochoa, 1998) de las cinco especies de *Cyrtocarpa*. La más estudiada por sus propiedades medicinales es *C. procera Kunth*, la cual mostró actividad contra la bacteria *Helicobacter pylori* (Escobedo-Hinojosa et al. 2012). Recientemente, nuestro grupo de investigación se ha enfocado en el estudio de este fruto (pulpa y cáscara) y la evaluación de su efecto inmunoestimulante y antimicrobiano en acuicultura de peces de agua marina y de agua dulce (Reyes-Becerril, Maldonado-García, López, Calvo-Gómez, Díaz, 2024; Machuca, Angulo, Monreal-Escalante, Méndez-Martínez, Magallón-Servín, Vázquez-Juárez, Silva-Jara, Angulo, 2024; Velázquez-Carriles, Angulo, Macías-Rodríguez, Reyes-Becerril, 2025). Entre las propiedades se encontró que la pulpa de ciruela del monte es rica en carbohidratos y fitoesteroles, además de tener una alta actividad antioxidante. En dietas suplementadas (0.5% de pulpa) para juveniles de jurel se observó un incremento de parámetros inmunológicos en el mucus de piel, así como de la expresión de genes relacionados a citocinas proinflamatorias en el intestino, y de la resistencia de los peces a la infección por *A. veronii*. En Baja California Sur, la acuicultura es una actividad prometedora con alta actividad en el mercado. Entre los peces que se cultivan se encuentra el jurel *Seriola rivoliana*, huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* y totoaba *Totoaba macdonaldi*, por lo que sus estudios para conocer su biología (inmunología, nutrición, fisiología, reproducción, etc), son de gran importancia. Por lo tanto, el objetivo de este estudio se enfocó en evaluar el efecto de dietas suplementadas con



pulpa de ciruela del monte sobre crecimiento, sistema inmune en suero y resistencia contra la infección por *A. veronii* en juveniles de jurel *Seriola rivoliana*, un pez de cultivo en la industria de Baja California Sur debido a su excelente calidad en carne y rápido crecimiento, factores relevantes para el mercado internacional (Serrano-Pinto, Bernay, Moreno-Legorreta, Ortega-Rubio, Maldonado-García, 2020).

▶ MATERIALES Y MÉTODOS

Ciruela del monte y dietas

Fruto de ciruela del monte fue recolectada en el mes de agosto (verano) en la localidad Ampliación Centenario, ubicada al norte de la ciudad de La Paz, B.C.S., México. La fruta fue lavada con agua destilada estéril para quitar residuos, posteriormente la cáscara y semilla fueron eliminadas para obtener la pulpa. La deshidratación de la pulpa se llevó a cabo por 24 horas en una liofilizadora (Labconco Corporation, Kansas City, MO, U.S.A.). La pulpa liofilizada se guardó en bolsas de plástico protegidas de la luz a 4°C hasta su uso.

Se realizaron dos dietas: una dieta control sin pulpa de ciruela del monte y una dieta con pulpa de ciruela del monte (*CeF*) al 0.5% (5g/kg de dieta). Para la preparación de las dietas (control y *CeF*) se utilizó como base la dieta comercial (Aquatech, Peru), la cual fue pulverizada con la ayuda de un molino y con una batidora se mezcló vigorosamente y se agregó ácido algínico como aglutinante (1.5%; SIGMA, 180947). Para la dieta experimental (*CeF*), la pulpa liofilizada fue agregada lentamente al 0.5% hasta lograr una mezcla homogénea para finalmente agregar el agua (40% del total del peso final, un kilogramo). La mezcla fue pasada por un molino de carne con una criba de 2 mm, los pellets resultantes se colocaron en una estufa a una temperatura de 37 °C por 24 horas. Las dietas fueron guardadas en bolsas de plástico a 4 °C hasta su uso.

Peces y diseño experimental

Este ensayo fue realizado en diciembre de 2022 y se utilizaron 60 peces sanos que fueron colocados en un sistema cerrado de seis tanques (200 L) con agua de mar (Protocolo aprobado: NOM-062-ZOO-1999 y NOM-008-ZOO-1994, Velázquez-Carriles et al., 2025). Cada tratamiento fue analizado en triplicado (10 peces por tanque). Antes del bioensayo, los peces fueron pesados y medidos y la tasa diaria de consumo de alimento fue ajustada al 2% de su peso vivo. Los peces se alimentaron dos veces al día (50% a las 8 am y 50% a las 2:00 pm). Después de la semana dos y cuatro de alimentación, los peces fueron muestreados (n=9). Para el muestreo, los peces fueron anestesiados usando aceite de clavo (100 mg/L) y las muestras de sangre colectadas fueron centrifugadas (10000 *revoluciones por minuto* x 10 min a 4 °C) para obtener el suero. Para los análisis histológicos, un fragmento del intestino posterior (1 cm) fue colectado y colocado en cajas rotuladas en solución Davidson con agua marina para su posterior análisis.

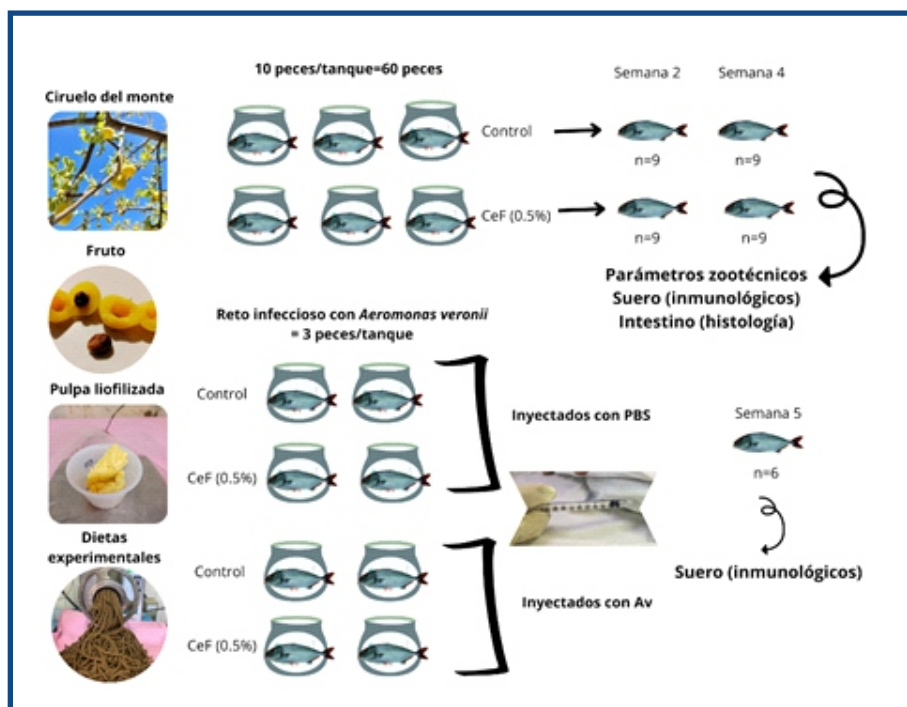


Figura 1. Ciruelo del monte, fruto, dietas y diseño experimental con juveniles de jurel *Seriola rivoliana* con muestreos a la semana 2, 4 y después del reto infeccioso con *Aeromonas veronii* (Av) (1×10^6 células/mL).



***Aeromonas veronii*: reto infeccioso**

Para el reto infeccioso se utilizó la bacteria *A. veronii* cepa A186 la cual fue ajustada a una longitud de onda de 1.0 a 600 nm lo cual corresponde a 1×10^9 células/mL. La suspensión fue diluida en fosfato buffer salino (PBS, pH 7.4) para obtener una concentración final de 1×10^6 células/mL. La bacteria A186 ha perdido virulencia, sin embargo, sí causa una inmunosupresión del sistema inmune en los peces (Reyes-Becerril, Ascencio-Valle, Macias, Maldonado, Rojas, Esteban, 2012). Para el reto, después de las cuatro semanas de alimentación con los tratamientos (control y *CeF*), los peces fueron divididos en dos grupos: control y *CeF* inyectados intraperitonealmente con solución salina (100 μ L) y un segundo grupo: control y *CeF* inyectados intraperitonealmente con 100 μ L of *A. veronii* at (1×10^6 células/mL). Cada tratamiento fue diseñado por duplicado (dos tanques por tratamiento con tres peces en cada tanque). Siete días después de la infección, los peces fueron sacrificados y se tomaron muestras de sangre para obtener suero y guardaron a 4 °C hasta su uso.

Parámetros de crecimiento

Ganancia de peso

Se determinó la ganancia de peso tomando el peso inicial y final de todos los peces. Para analizar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$GD = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Edad (días)}}$$

Tasa de crecimiento absoluta

La tasa de crecimiento absoluta fue determinada mediante la siguiente fórmula:

Tasa de incremento en peso o longitud por una unidad de tiempo

$$TCA = \frac{Pf - Pi}{t}$$

Donde:

TCA = Tasa de crecimiento absoluto.

Pf = Peso final.

Pi = Peso inicial.

t = tiempo



Análisis inmunológicos en suero

Análisis de mieloperoxidasa (MPO)

Para medir la actividad de la enzima mieloperoxidasa se siguió la metodología de Quade y Roth (1997). Se colocaron 20 μL de suero por quintuplicado en una placa de 96 pozos. Después, se añadieron 100 μL de solución de trabajo con 3,3',5,5'-tetrametilbencidina (TMB: 40 mL de agua destilada, 10 μL de peróxido de hidrógeno al 30% y una pastilla de TMB). Finalmente, se agregaron 50 μL de ácido sulfúrico 2M para detener la reacción, y la absorbancia se midió en un espectrofotómetro a 450nm.

Producción de óxido nítrico (ON)

La técnica de óxido nítrico se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Neumann, Fagan, Belosevi (1995) usando el reactivo de Griess. Se vertieron 100 μL de suero por quintuplicado en una placa de 96 pozos. Posteriormente, 100 μL de reactivo de Griess (4 mg/mL) fueron añadidos y se incubó durante 15 minutos bajo protección contra la luz y a temperatura ambiente. La absorbancia se leyó a 440nm.

Enzimas antioxidantes

Superóxido dismutasa

La actividad de la enzima antioxidante superóxido dismutasa (SOD) en suero fue determinada mediante el porcentaje de inhibición de la enzima xantina oxidasa (XO), la cual está relacionada con la tasa de reducción del O_2 . El porcentaje de inhibición de la enzima XO fue determinado por un método colorimétrico siguiendo las instrucciones del kit para SOD (Sigma-Aldrich, Núm. Cat. 19160 SOD determination kit). Se midió la absorbancia a 450 nm. La actividad de la enzima SOD (% de inhibición de XO) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$(\% \text{ de inhibición}) = \frac{(A \text{ blanco } 1 - A \text{ blanco } 2) - (A \text{ muestra} - A \text{ blanco } 2)}{(A \text{ blanco } 1 - A \text{ blanco } 3)} \times 100 \%$$

Donde:

A= Absorbancia.



Catalasa

La actividad de catalasa fue analizada siguiendo la metodología de Clairborne (1985) usando el reactivo de Purpald. La actividad de catalasa en suero fue determinada usando la reducción de la absorbancia en presencia de H_2O_2 a 240 nm.

Análisis histológico en intestino anterior

Las secciones del intestino anterior de los peces se prepararon en parafina y se cortaron (5 mm) para teñirlas con hematoxilina-eosina (Drury, Wallington, Cameron, Carleton, 1976). Los portaobjetos se examinaron con un microscopio óptico y se obtuvieron fotografías. Se procesaron al menos tres cortes por organismo.

Análisis estadístico

Todos los ensayos y mediciones serán llevados a cabo por quintuplicado. Los resultados expresan la media \pm desviación estándar (DE). Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar los efectos de los tratamientos en los ensayos a realizar con una comparación de medias por la prueba de Tukey. Se consideran diferencias significativas entre los tratamientos cuando $p < 0.05$.

► RESULTADOS

Tasa de crecimiento

Los resultados obtenidos en la ganancia de peso muestran que no hay diferencias significativas entre los peces alimentados con la dieta control y *CeF* a la semana dos y cuatro. Sin embargo, después del reto con la bacteria *A. veronii*, se observó un incremento en la ganancia de peso en los peces alimentados con la dieta *CeF* comparados con los peces suplementados con la dieta control ($P < 0.05$) (Fig. 2a).

Respecto a la ganancia de crecimiento absoluta, se observaron diferencias significativas en los tres tiempos de muestreo con un incremento en los peces suplementados con la dieta *CeF* respecto a los peces control (Fig 2b).

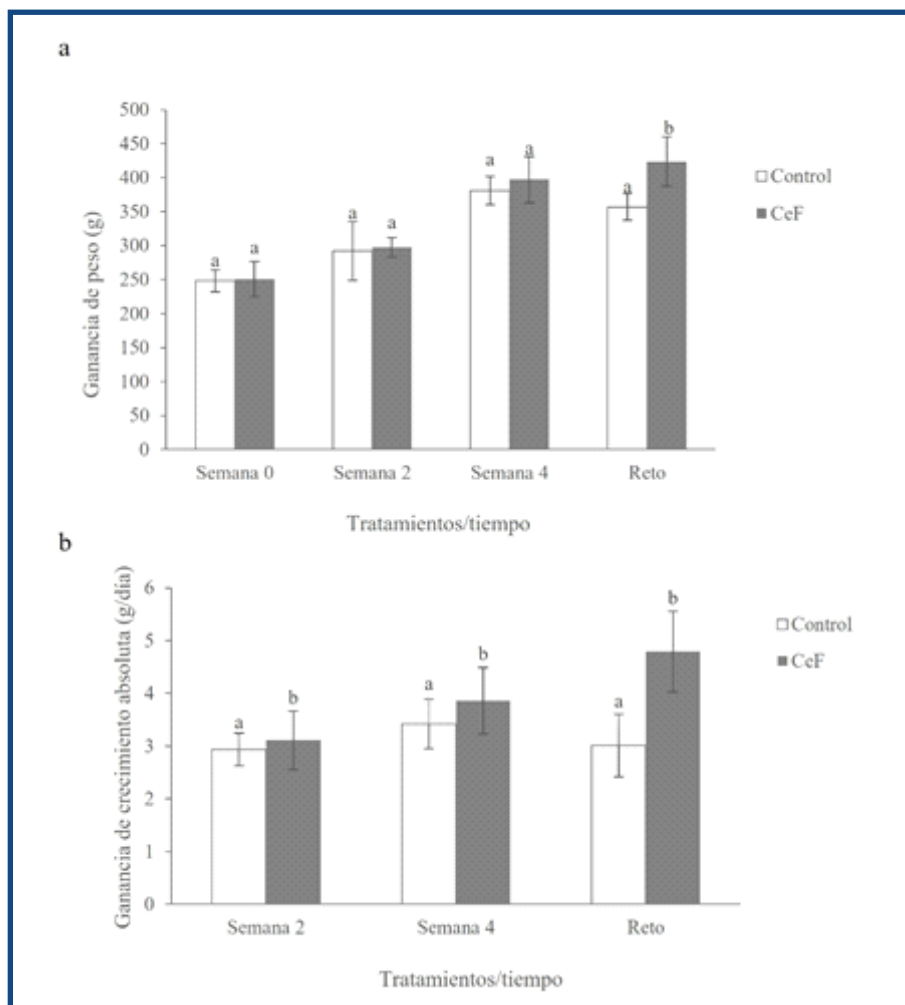


Figura 2. a) Ganancia de peso y b) Ganancia de crecimiento absoluto en peces alimentados con las dietas experimentales (control y pulpa de ciruela del monte, CeF al 0.5% en la dieta) a la semana 2 y 4, y semana 5 después del reto con *Aeromonas veronii* (1×10^6 células/mL). Los datos representan la media \pm SD. Diferentes letras denotan significancias estadísticas entre los grupos de la dieta control y la dieta con CeF ($P < 0.05$).

Reto infeccioso

La concentración utilizada para el reto infeccioso (1×10^6 células/mL) no causó mortalidad durante las 7 semanas post-infección.

Parámetros inmunológicos y actividad de enzimas antioxidantes

Respecto a los resultados en los parámetros del sistema inmune, en los tres muestreos se observó un incremento significativo en la actividad de la enzima mieloperoxidasa y la producción de óxido nítrico en el suero de peces suplementados con la dieta experimental (CeF) en comparación con los peces control ($P < 0.05$).

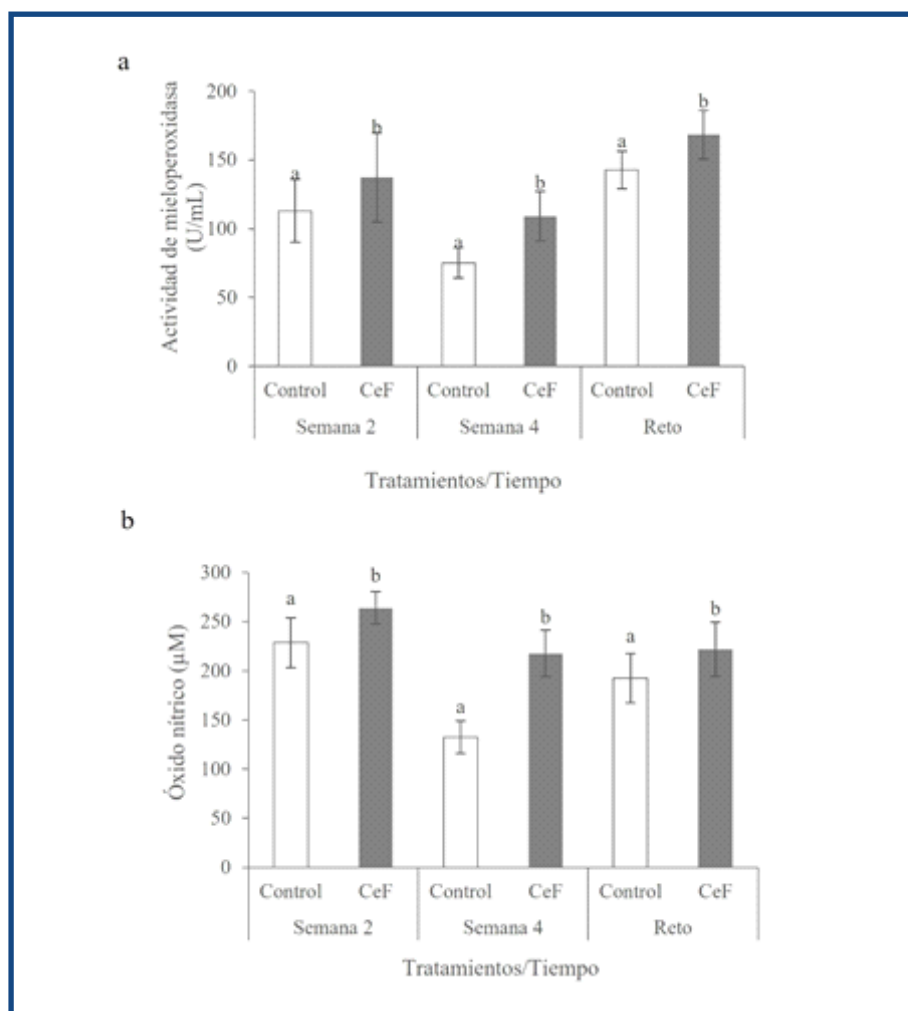


Figura 3. a) Actividad de mieloperoxidasa y b) producción de óxido nítrico en suero de peces alimentados con las dietas experimentales (control y pulpa de ciruela del monte, CeF al 0.5% en la dieta) a la semana 2 y 4, y semana 5 después del reto con *Aeromonas veronii* (1×10^6 bacterias/mL). Los datos representan la media \pm SD. Diferentes letras denotan significancias estadísticas entre los grupos de la dieta control y la dieta con CeF ($P < 0.05$).

La actividad de las enzimas antioxidantes, superóxido dismutasa y catalasa, fueron significativamente mayores en el suero de peces alimentados con la dieta rica en *CeF* a la semana dos, cuatro y después del reto en comparación con los peces alimentados con la dieta control ($P < 0.05$).

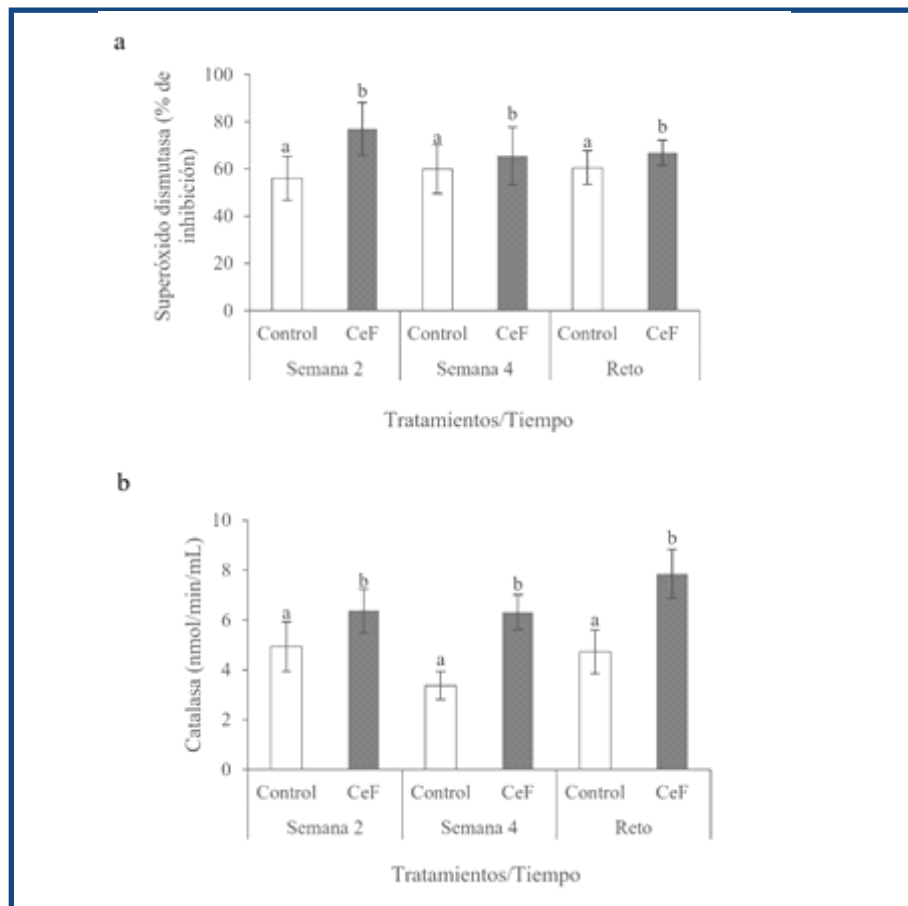


Figura 4. a) Superóxido dismutasa y b) catalasa en suero de peces alimentados con las dietas experimentales (control y pulpa de ciruela del monte, CeF al 0.5% en la dieta) a la semana 2 y 4 y semana 5 después del reto con *Aeromonas veronii* (1×10^6 células/mL). Los datos representan la media \pm SD. Diferentes letras denotan significancias estadísticas entre los grupos de la dieta control y la dieta con CeF ($P < 0.05$).

Salud intestinal

Las tinciones de los cortes histológicos de intestino anterior de los peces suplementados con *CeF* y dieta control a la semana dos y cuatro se muestran en la figura 5. Se observó que no hay un efecto inflamatorio del intestino en los peces en donde se suplementa *CeF* a las dos y cuatro semanas en comparación con el control. En las muestras de intestino de peces suplementados con *CeF* se observa un mayor número de células caliciformes con comparación con el corte histológico del intestino de los peces control.

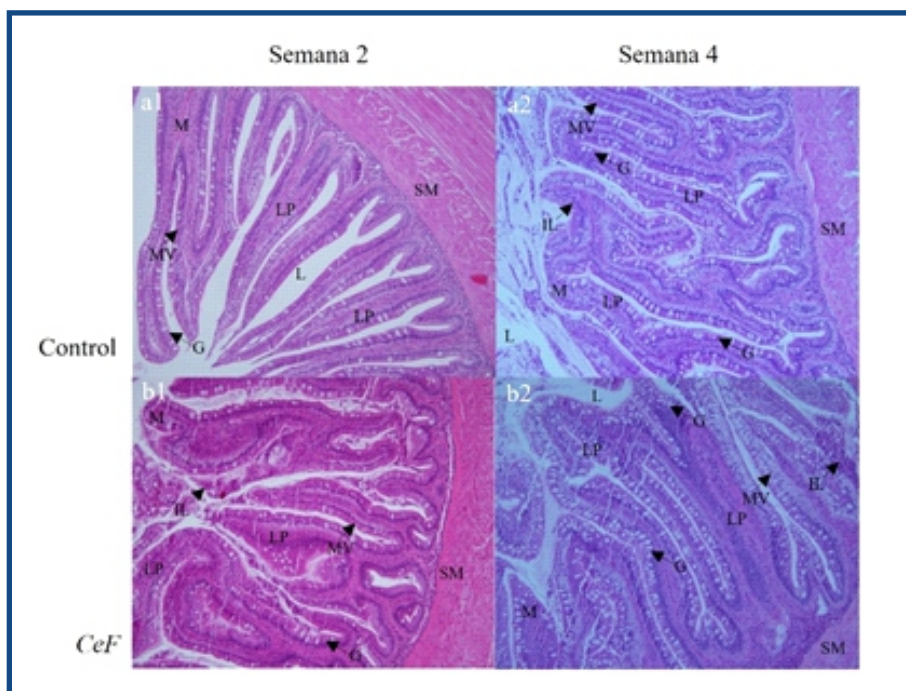


Figura 5. Análisis histológico con tinción de hematoxilina-eosina de intestino anterior de juveniles de jurel *Seriola rivoliana* alimentada con una dieta control y suplementada con pulpa de ciruela del monte (CeF) a la semana 2 y 4. LP=lamina propia; M= mucosa; SM=submucosa; MV= microvellosidades; IL=leucocitos intraepiteliales; G= células globet (caliciformes). Escala: 20x.

DISCUSIÓN

Los extractos de plantas y frutos son una alternativa viable, económica y amigable con el medio ambiente que han sido propuestos en acuicultura para aumentar la capacidad antioxidante y la inmunidad ante enfermedades (Ahmadifar, Mohammadzadeh, Kalhor, Yousefi, Moghadam, Naraballoh, 2022). La composición química, antioxidante e inocuidad del fruto de ciruela del monte fue estudiada por primera vez por Reyes-Becerril et al. (2024).

En este estudio, el efecto de dietas suplementadas con pulpa de ciruela del monte (CeF, 0.5%) en juveniles de jurel y su efecto en el crecimiento, sistema inmune y resistencia contra la bacteria *A. veronii* se analizó a las dos, cuatro y cinco semanas (después del reto). El uso de plantas medicinales y sus extractos han sido utilizados en peces para mejorar algunos parámetros zootécnicos, incluyendo la ganancia de peso (Wangkahart, Wachiraamonloed, Lee, Subramani, Qi, Wang, 2022). En



este trabajo se determinó la ganancia de peso y crecimiento absoluto en los juveniles de jurel suplementados con y sin pulpa de ciruela del monte a las dos y cuatro semanas. De manera interesante se observó un incremento en la ganancia de peso y crecimiento absoluto en los peces suplementados con *CeF* después del reto infeccioso con *A. veronii* comparado con los peces control. Este resultado concuerda por el realizado por Mahboub, Faggio, Hendam, Algharib, Alkafafy, Abo Hashem, Mahmoud, Khamis, Abdel-Ghany, Masoud, Abdel Rahman (2022), quienes observaron un incremento en la ganancia de peso al suplementar dietas enriquecidas con albaricoque en carpa común *Cyprinus carpio* y retados con *A. veronii*. En otro estudio, el efecto de la inclusión en dietas del fruto del Bel (*Eagle marmelos*) se evaluó en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y se observó un incremento en la ganancia de peso a las ocho semanas comparada con los peces alimentados con la dieta control (Wangkahart et al., 2022). En la última década, una gran cantidad de estudios se han enfocado en el uso de plantas medicinales y sus extractos en acuicultura debido a su potencial antioxidante, anti-inflamatorio, e inmunoestimulante atribuido principalmente a sus compuestos fitoquímicos, termino colectivo que hace referencia a sus compuestos químicos o metabolitos secundarios. Este estudio se enfocó principalmente en el efecto inmunoestimulante (aumento de los parámetros del sistema inmune) en los peces suplementados con dietas ricas en pulpa de ciruela del monte antes y después del reto. Parámetros de mieloperoxidasa, óxido nítrico, superóxido dismutasa y catalasa fueron analizados en suero a las 2 y 4 semanas y después del reto infeccioso en todos los peces. En este estudio se observó un incremento de la enzima mieloperoxidasa y la producción de óxido nítrico en suero de peces alimentados con *CeF* en todos los muestreos, incluyendo después de la infección con la bacteria. Mieloperoxidasa es una enzima que se encuentra principalmente en los neutrófilos (principales células fagocíticas del sistema inmune) que en presencia de peróxido de hidrógeno y el ión cloro cataliza la formación de intermediarios de oxígeno incluyendo el ácido hipocloroso (altamente microbicida), formando parte del sistema inmune innato y la defensa contra microorganismos patógenos (Aratani, 2018). Por otro



lado, el óxido nítrico en presencia de O_2^- dentro de los macrófagos resulta en la formación de peroxinitritos con actividad antimicrobiana para los patógenos (Bogdan, 2001). Recientemente la pulpa de ciruela del monte fue analizada por Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (GC/MS) encontrando un alto contenido de carbohidratos como D-Psicofuranosa (D-psicosa), maltosa, Beta-D-Allopiranosa, D-trehalosa, además de polioles como el dulcitol y fitoesteroles como el β -Sitosterol. Los carbohidratos han sido ampliamente estudiados por su efecto en la modulación del sistema inmune (Crocker y Feizi, 1996). Gong, Yang, Jiang, Zheng, Peng (2020) observaron que el ácido L-aspartico promueve la producción de óxido de nitrógeno y mejora la fagocitosis incrementando la supervivencia en el pez cebra *Danio rerio* contra *Vibrio alginolyticus*. En otro estudio, Jiang, Yang, Chen, Lai, Zheng, Peng (2020) observaron que la maltosa exógena mejora la respuesta inmune del pez cebra a Lev-R-*V. alginolyticus* (levofloxacina-resistente a *V. alginolyticus*) al incrementar la expresión de lisozima, lo que lleva a una mejor eliminación de la infección. La maltosa puede transportarse al interior de la célula y degradarse a glucosa, donde ingresa a la vía de la glucólisis.

En este mismo estudio se observó un incremento en las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa y catalasa en los jureles alimentados por cuatro semanas con pulpa de ciruela del monte y después del reto con *A. veronii*. Las enzimas antioxidantes tienen la función de convertir a los radicales libres como el anión superóxido o el peróxido de hidrógeno en radicales menos tóxicos como el agua y el oxígeno. Un estudio similar realizado por Assar, Ragab, Abdelsatar, Salah, Salem, Hendam (2024) evaluaron extractos de hoja de olivas en carpas infectadas con *A. hydrophila* y observaron un incremento en la modulación de las defensas antioxidantes como superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa. La pulpa de la ciruela del monte es rica en fitoesteroles como el β -Sitosterol. El β -sitosterol es el segundo fitosterol más importante y tiene una estructura similar a la del colesterol, interesantemente se ha observado en diferentes estudios sus propiedades biológicas como inhibir el crecimiento de varios tipos específicos de células tumorales *in vitro* (Jayaprakash, Mandadi, Poulouse 2007) modula enzimas antioxidantes



en la patogénesis (Vivancos y Moreno 2005), detención de células en la fase G2/M en células de cáncer de próstata y disminución de la generación de radicales libres *in vitro* (Awad, Andrew, Carol 2005).

Finalmente, en este estudio se evaluó el efecto de la pulpa de ciruela del monte a la semana dos y cuatro sobre la salud intestinal de los jureles y se confirmó por medio de cortes histológicos que las dietas suplementadas con pulpa de ciruela del monte no causan daño en la mucosa intestinal (inflamación o presencia de centros melanomacrófagos). Además, se detectó una mejora en la apariencia morfológica con el incremento de células caliciformes en las vellosidades intestinales asociadas con la implementación de *CeF*. La función de las células caliciformes es la secreción de moco formando una capa protectora sobre el epitelio, una baja producción de moco está asociado con infecciones o condiciones inflamatorias (Gustafsson, Johansson, 2022). La mayoría de los fitoquímicos, se encuentran en los vegetales en formas glicosiladas y estos son deglicosilados en su mayoría por las bacterias del colon generando ácidos grasos volátiles, por lo que el metabolismo completo de los fitoquímicos requiere de consorcios microbianos. Los fitoquímicos ejercen sus efectos benéficos para la salud en el tubo digestivo o a través de sus efectos prebióticos sobre la microbiota intestinal secretando metabolitos bacterianos bioactivos actuando a nivel sistémico como local (Gasaly, Naschla, Riveros, Karla, Gotteland, Martín 2020).

De esta manera, con este estudio se concluye que la suplementación de pulpa de ciruela del monte en dietas para juveniles de jurel *Seriola rivoliana* no sólo mejora los parámetros de crecimiento en los peces, si no que confiere protección contra la bacteria *A. veronii* estimulando el sistema inmune debido a sus compuestos químicos y potencial antioxidante siendo una alternativa de uso en la industria acuícola.



► AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el apoyo técnico de Pablo Monsalvo, Carlos Ceseña, Francisco Encarnación Ramírez, Roxana Inohuye Rivera y Mauricio Moreno Alva por su apoyo con los peces. También agradece a la Dra. Carmen Rodríguez Jaramillo y a Eulalia Meza Chávez por su apoyo con los análisis histológicos. Este estudio fue apoyado por la Dra. Minerva Maldonado y el proyecto a su cargo CONAHCYT PRONACES PRONAI soberanía Alimentaria 321279.

► LITERATURA CITADA

- Abu-Zahra N.I.S., ElShenawy A.M., Ali G.I.E., Al-sokary E.T., Mousa M.A., El-Hady H.A.M. A. (2024).** *Mentha piperita* powder enhances the biological response, growth performance, disease resistance, and survival of *Oreochromis niloticus* infected with *Vibrio alginolyticus*, *Aquaculture International*, 32 6353–6379. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01469-5>.
- Adese, D.A., Song, C., Sun, C., Liu, B., Liu, B., Zhou, Q. (2022).** The role of currently used medicinal plants in aquaculture and their action mechanisms: a review. *Review Aquactic*, 14, 816-847. <https://doi:10.1111/raq.12626>
- Ahmadifar, E., Mohammadzadeh, S., Kalhor, N., Yousefi, M., Moghadam, M.S., Naraballoh, W. (2022)** Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruit extract improves growth performance, disease resistance, and serum immune-and antioxidant-related gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 558, 738372. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738372>
- Aratani, Y. (2018).** Myeloperoxidase: Its role for host defense, inflammation, and neutrophil function. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 640, 47-52. <https://doi:10.1016/j.abb.2018.01.004>
- Assar, D. H., Ragab, A. E., Abdelsatar, E., Salah, A. S., Salem, S. M. R., Hendam, B. M., (2023).** Dietary olive leaf extract differentially modulates antioxidant defense of normal and *Aeromonas hydrophila*-infected common carp (*Cyprinus carpio*) via Keap1/Nrf2 pathway signaling: a phytochemical and biological link. *Animals*, 13, 2229. <https://doi:10.3390/ani13132229>



- Awad, A.B., Andrew, T.B., Carol, S.F. (2005).** Effect of resveratrol and b-sitosterol in combination on reactive oxygen species and prostaglandin release by PC-3 cells. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 72, 219-226. <https://doi:10.1016/j.plefa.2004.11.005>
- Bogdan, C. (2001).** Nitric oxide and the immune response. *Nature Immunology*. 2, 907-916. <https://doi:10.1038/ni1001-907>
- Clairborne, A. (1985)** Catalase activity. In: Greenwald RA (ed) CRC handbook of methods for oxygen radical research. CRC Press, Boca Raton, pp 283-284.
- Crocker, P. R., Feizi, T. (1996).** Carbohydrate recognition systems: functional triads in cell-cell interactions. *Current Opinion in Structural Biology*, 6, 679-691. [https://doi:10.1016/s0959-440x\(96\)80036-4](https://doi:10.1016/s0959-440x(96)80036-4).
- Drury, R.A.B., Wallington E.A., Cameron R., Carleton's Histological Technique**, Oxford University Press, Oxford, London, 1976, p. 233.
- Encarnación D.R, Virgen, M., Ochoa, N. (1998)** Antimicrobial activity of medicinal plants from Baja California Sur (México). *Pharmaceutical Biological* 36, 1. <https://doi.org/10.1076/phbi.36.1.33.4625>
- Escobedo-Hinojosa, W.I., del Carpio, J.D., Palacios-Espinosa, J.F., Romero, I. (2012)** Contribution to the ethnopharmacological and anti-Helicobacter pylori knowledge of *Cyrtocarpa procera* Kunth (Anacardiaceae). *Journal Ethnopharmacology*, 143, 363-371. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.07.001>
- Gasaly, Naschla, Riveros, Karla, Gotteland, Martín. (2020).** Fitoquímicos: una nueva clase de prebióticos. *Revista chilena de nutrición*, 47, 317-327. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000200317>
- Ghada, A., El-Gammal, Gehan, I.E. Ali, Aly, S., Saif, Shaimaa, Elbaz, Sabreen, E., Fadl, Nagwa, I.S. Abu-Zahra. (2025).** The immunomodulatory and antioxidative effects of curcumin-supplemented diets against the isolated *Aeromonas hydrophila* in *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 157, 110077. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.110077>.
- Gong, Q., Yang, D., Jiang, M., Zheng, J., Peng, B. (2020).** l-aspartic acid promotes fish survival against *Vibrio alginolyticus* infection through nitric oxide-induced phagocytosis. *Fish Shellfish Immunol* 97, 359-366. <https://doi.10.1016/j.fsi.2019.12.061>
- Gustafsson, J.K., Johansson, M.E.V. (2022).** The role of goblet cells and mucus in intestinal homeostasis. *Natural Review Gastroenterology Hepatology* 19, 785-803. <https://doi.org/10.1038/s41575-022-00675-x>



- Jayaprakash, G.K., Mandadi, K.K., Poulouse, S.M., (2007).** Inhibition of colon cancer cell growth and antioxidant activity of bioactive compounds from *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. *Bioorg Med Chem* 14, 4923-4932. <http://doi:10.1016/j.bmc.2007.04.044>
- Jiang, M, Yang, L, Chen, Z.G., Lai, S.S., Zheng, J., Peng, B. (2020).** Exogenous maltose enhances Zebrafish immunity to levofloxacin-resistant *Vibrio alginolyticus*. *Microb Biotechnol.* 13, 1213-1227. <http://doi:10.1111/1751-7915.13582>.
- León de la Luz, J.L., Pérez-Navarro, J.J. (2007).** A new variety of *Cyrtocarpa edulis* (Brandege) Standley (Anacardiaceae). *Acta Botánica Mexicana* 79, 63-67. <https://doi.org/10.21829/abm79.2007.1038>
- Machuca, C., Angulo, M., Monreal-Escalante, E., Méndez-Martínez, Y., Magallón-Servín, P., Vázquez-Juárez, R., Silva-Jara, J.M., Angulo, C. (2024).** Effect of diets containing probiotic yeast *Cystobasidium benthicum* and fruit *Cyrtocarpa edulis* on growth and immune parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Microbial Pathogenesis* 194, 106817. <https://doi:10.1016/j.micpath.2024.106817>.
- Mahboub, H.H., Faggio, C., Hendam, B.M., Algharib, S.A., Alkafafy, M., Abo Hashem, M., Mahmoud, Y.K., Khamis, T., Abdel-Ghany, H.M., Masoud, S.R., Abdel Rahman, A.N. (2022).** Immune-antioxidant trait, *Aeromonas veronii* resistance, growth, intestinal architecture, and splenic cytokines expression of *Cyprinus carpio* fed *Prunus armeniaca* kernel-enriched diets. *Fish and Shellfish Immunology* 124:182-191. <https://doi:10.1016/j.fsi.2022.03.048>.
- Neumann, N.F., Fagan, D., Belosevi, M. (1995)** Macrophage activating factor (s) secreted by mitogen stimulated goldfish kidney leukocytes synergize with bacterial lipopolysaccharide to induce nitric oxide production in teleost macrophages. *Developmental and Comparative Immunology* 19, 473-482. [https://doi.org/10.1016/0145-305x\(95\)00032-o](https://doi.org/10.1016/0145-305x(95)00032-o)
- Palanikani, R., Chanthini, K.M.P., Soranam, R., Thanigaivel, A., Karthi, S., SenthilNathan S., Murugesan, A.G. (2020).** Efficacy of *Andrographis paniculata* supplements induce a non-specific immune system against the pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* infection in Indian major carp (*Labeo rohita*). *Environmental Science Pollution Resource*, 27, 23420-23436. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05957-7>.
- Quade, M.J., Roth, J.A. (1997).** A rapid, direct assay to measure degranulation of bovine neutrophil primary granules. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 58, 239-248. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(97\)00048-2](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(97)00048-2)



- Rawat, P., Kaur, V.I., Tyagi, A., Norouzitallab, P., Baruah, K. (2022).** Determining the efficacy of ginger *Zingiber officinale* as a potential nutraceutical agent for boosting growth performance and health status of *Labeo rohita* reared in a semi-intensive culture system. *Frontier Physiology*, 15, 960897. <https://doi:10.3389/fphys.2022.960897>.
- Reyes-Becerril, M., Maldonado-García, M., López M.G., Calvo-Gómez O., Díaz, S.M. (2024).** *Cyrtocarpa edulis* fruit and its immunostimulant effect on Almaco Jack *Seriola rivoliana*: *in vitro*, *in vivo* and *ex vivo* studies, *Veterinary Research Communication*, 1-15, <https://doi.org/10.1007/s11259-024-10309-Z>.
- Reyes-Becerril, M., Ascencio-Valle, F., Macías, M.E., Maldonado, M., Rojas, M., Esteban, M.Á. (2012).** Effects of marine silages enriched with *Lactobacillus sakei* 5-4 on haemato-immunological and growth response in Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) exposed to *Aeromonas veronii*. *Fish and Shellfish Immunology*, 33, 984-992. <https://doi:10.1016/j.fsi.2012.08.014>.
- Serrano-Pinto, V., Bernay, B., Moreno-Legorreta, M., Ortega-Rubio, A., Maldonado-García, M. (2020).** Egg proteomic characterization of *Seriola rivoliana* in captivity. *Latin American Journal Aquatic Research*, 48, 877-885. <https://doi.org/10.3856/vol48-issue5-fulltext-2385>
- Tadese, D. A., Song, C., Sun, C., Liu, B., Liu, B., Zhou, Q. (2022).** The role of currently used medicinal plants in aquaculture and their action mechanisms: a review. *Review Aquatic*, 14, 816-847. <https://doi:10.1111/raq.12626>
- Velázquez-Carriles, C.A., Angulo, C., Macías-Rodríguez, M.E., Reyes-Becerril, M. (2025).** Phytochemical properties of *Cyrtocarpa edulis* peel exert antimicrobial activity and enhance immunobiological parameters in Almaco jack *Seriola rivoliana* cells. *Fish and Shellfish Immunology*, 156, 110044. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.110044>
- Vivancos, M., Moreno, J.J. (2005).** Beta-Sitosterol modulates antioxidant enzyme response in RAW 264.7 macrophages. *Free Radic Biol Med* 39, 91-97. <https://doi:10.1016/j.freeradbiomed.2005.02.025>
- Wangkahart, E., Wachiraamonloed, S., Lee, P.T., Subramani, P.A., Qi, Z., Wang, B. (2022).** Impacts of *Aegle marmelos* fruit extract as a medicinal herb on growth performance, antioxidant and immune responses, digestive enzymes, and disease resistance against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 120, 402-410. <https://doi:10.1016/j.fsi.2021.11.015>.