

## RESUMEN

La acuicultura orgánica o ecológica está ganando popularidad a medida que los consumidores se vuelven más conscientes de las prácticas de producción alimentaria sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Las dietas con ingredientes orgánicos son un componente esencial de la acuicultura ecológica. Estas dietas utilizan ingredientes orgánicos y formulaciones específicas para promover una producción de animales acuáticos más saludable y respetuosa con el medio ambiente. Se alinean con los principios de la agricultura orgánica, minimizan el uso de productos químicos sintéticos y buscan producir productos del mar más saludables y ambientalmente responsables.

La presente tesis de doctorado reúne cuatro estudios distintos con el objetivo de avanzar en nuestra comprensión de la integración de nuevos ingredientes orgánicos en las dietas de acuicultura y sus efectos en diversas especies, centrándose en la dorada (*Sparus aurata*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Estos estudios exploran el crecimiento, la composición corporal, la utilización del alimento, la digestibilidad, las respuestas histológicas y la composición de la microbiota al incorporar alimentos e ingredientes orgánicos novedosos.

En el primer estudio, se investigó el efecto del alimento eco-orgánico en el crecimiento, la eficiencia nutricional, la utilización del alimento y la composición corporal de la dorada. Se ensayaron seis dietas, incluyendo una dieta de control (CONT) sin ingredientes orgánicos, cuatro dietas con 100% de ingredientes orgánicos (subproducto de trucha - TRO, subproducto de lubina - SBS, subproductos avícolas - POU y mezcla - MIX), y una dieta de control orgánico (ORG) con ingredientes orgánicos y 30% de harina de pescado. En el experimento, de 70 días de duración, se alimentó a los peces dos veces al día, comenzando con un peso inicial de 60.5 g. Los resultados revelaron que las tasas de crecimiento más altas se observaron en peces alimentados con las dietas ORG y CONT que contenían harina de pescado. Por el contrario, la dieta POU mostró la tasa de crecimiento más baja, la tasa de supervivencia más baja y el mayor índice de conversión alimentaria (FCR). La eficiencia de aminoácidos esenciales fue generalmente alta en peces alimentados con las dietas ORG y CONT, con diferencias notables en la eficiencia de retención de ácidos grasos en todas las dietas. La dieta CONT mostró la mayor eficiencia de retención, seguida por la dieta ORG. Sin embargo, la tasa de conversión económica fue menor para CONT, SBS, TRO y MIX. En resumen, el uso de dietas orgánicas de origen animal afectó el rendimiento de crecimiento de la Dorada, con un potencial prometedor a pesar de las variaciones en las tasas de conversión económica entre diferentes dietas.

En el segundo estudio, se investigó durante 120 días la utilización de nuevos ingredientes orgánicos para alimentar a la dorada de  $93 \pm 3.82$  g de pesos inicial, centrándose en el crecimiento, los parámetros nutricionales, la digestibilidad y la histología. Se probaron cuatro dietas: una dieta de control orgánico (CON) y tres dietas con 100% de materiales orgánicos - subproducto de trucha arcoíris (TRO), subproducto de cerdo ibérico (IBE) y harina de insectos como fuente de proteínas (INS). Al final del experimento, los peces alimentados con la dieta CON mostraron el mayor peso, sin diferencia significativa entre las dietas experimentales. El contenido de proteínas crudas fue mayor en los peces alimentados con las dietas TRO e INS, mientras que el mayor valor de grasa cruda se observó en la dieta CON. Los peces alimentados con las dietas IBE e INS demostraron una alta digestibilidad, y excepto para el aminoácido esencial metionina (Met), la eficiencia de retención no mostró diferencias estadísticas. IBE tuvo la mayor tasa de hidrólisis entre las dietas. A pesar de las diferencias significativas en la dieta, la dorada mantuvo una morfología hepática típicamente saludable. Sin embargo, los peces alimentados con las dietas TRO e INS mostraron medidas más cortas en el intestino distal. En conclusión, la sustitución completa de harina de pescado con materiales orgánicos, incluyendo subproductos de trucha arcoíris, de cerdo ibérico y harina de insectos, ofrece varios beneficios en términos de digestibilidad, histología y rendimiento de crecimiento, promoviendo prácticas acuícolas sostenibles y saludables.

El tercer estudio tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de utilizar diversas proteínas orgánicas en la dieta de la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Juveniles de lubina con un peso promedio de 90 g fueron alimentadas dos veces al día con seis dietas con diferentes composiciones de proteínas orgánicas durante un ensayo de alimentación de 125 días. El grupo de control (CON) recibió una dieta con harina de pescado convencional como principal fuente de proteínas. Los otros grupos fueron alimentados con dietas que incorporaban subproductos orgánicos de cerdo ibérico (IB), una combinación de IB e insectos (IB-IN), una mezcla de IB y subproductos orgánicos de trucha arcoíris (IB-TR), una combinación de subproductos orgánicos de trucha arcoíris e insectos (TR-IN) y una dieta mixta que contenía todas estas fuentes de proteínas (MIX). Los resultados indicaron que la dieta de control produjo el mayor peso final y la tasa de crecimiento específico, seguida por las dietas TR-IN e IB-TR. La dieta IB-TR exhibió los coeficientes de digestibilidad aparente (ADCs) más altos para la proteína, mientras que la dieta TR-IN tuvo los más bajos. El análisis histológico reveló que la dieta de control resultó en los diámetros de núcleo y hepatocito más grandes. La inclusión de insectos (IN) en las dietas pareció afectar negativamente al rendimiento, con peces alimentados con dietas que contenían IN mostrando un crecimiento más lento y una menor digestibilidad. Las dietas que contenían subproductos orgánicos de trucha arcoíris (TR) y subproductos orgánicos de cerdo ibérico (IB) mostraron tasas de crecimiento cercanas a las del control, con una digestibilidad aceptable. Estos hallazgos sugieren que ciertas fuentes de proteínas orgánicas pueden incorporarse de manera efectiva en las dietas de lubina juvenil, ofreciendo perspectivas sobre prácticas acuícolas sostenibles y saludables.

El cuarto estudio ensayó dietas 100% orgánicas utilizando mezclas de fuentes alternativas de proteínas, harina de insectos (IN), subproductos de la lubina (SB) y subproductos del cerdo ibérico (IB), para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Las dietas experimentales consistían en un 100% de la sustitución de la harina de pescado excepto la dieta IN. Se evaluaron los efectos de estas dietas en el crecimiento, la eficiencia, la productividad y la salud intestinal. Los peces, con un peso inicial de 67.2 g, fueron alimentados dos veces al día durante 150 días. La dieta de control con harina de pescado (FM) produjo el mayor peso final (298 g). Los resultados indicaron que las dietas SB-FM, SB-IB e SB-IN-IB tuvieron un rendimiento menor, mientras que las dietas FM-IN e IN-IB tuvieron el menor peso final. Se observó una mejora en el crecimiento y la utilización de nutrientes en las dietas SB-FM, SB-IB y SB-IN-IB en comparación con las dietas FM-IN e IN-IB. Las eficiencias de retención más bajas se encontraron en la dieta IN-IB. Las dietas control y FM-IN tuvieron los coeficientes de digestibilidad aparente (ADCs) más altos para proteínas, energía, calcio y fósforo. El análisis enzimático reveló bajos niveles de tripsina y quimotripsina en las dietas IN-IB y SB-IN-IB. Se observaron cambios histológicos en el hígado e intestino en los peces alimentados con dietas FM-IN e IN-IB. El análisis del microbiota mostró Firmicutes, Spirochaetota y Proteobacteria como filos dominantes, sin diferencias significativas entre las dietas. A pesar de las variaciones en el crecimiento, la sustitución elevada de harina de pescado no alteró significativamente el microbiota intestinal, posiblemente debido a la dominancia de Firmicutes. Desde el punto de vista económico, las dietas SB-IB mostraron el índice de conversión económica más bajo y el índice de beneficio económico más alto. En conclusión, la sustitución de harina de pescado afectó el crecimiento, con los mejores resultados en las dietas de control que contiene FM y de harina de pescado de origen marino que contiene SB. Sin embargo, los subproductos animales ofrecieron los mejores resultados económicos.

Estos estudios sugieren la posibilidad de utilizar ingredientes eco-orgánicos, proporcionando valiosas ideas para mejorar la nutrición, el crecimiento y la sostenibilidad de la acuicultura. Los hallazgos contribuyen a promover la producción sostenible y orgánica de productos del mar para satisfacer las crecientes demandas de los consumidores, al tiempo que preservan la salud de los ecosistemas acuáticos. A pesar de los resultados prometedores, se necesita más investigación e innovación para realizar plenamente el potencial de la alimentación eco-orgánica en la acuicultura y reducir la dependencia de la industria de la harina de pescado tradicional.

*Palabras claves:* ingredientes orgánicos novedosos, subproductos orgánicos de origen animal, sustitución de harina de pescado, dorada, lubina, trucha arcoíris, acuicultura sostenible.