

OBJETIVO 3.2

Mejorar la nutrición y alimentación de animales en cultivo mediante el uso de nuevas formulaciones de piensos basadas en mezclas de materias primas alternativas y suplementos dietéticos validados a lo largo del ciclo de producción con datos zootécnicos, de comportamiento y nuevas herramientas de biología molecular y de monitorización de la microbiota.

Conexión con las líneas de actuación del plan nacional

Líneas de actuación A2: Acuicultura sostenible, inteligente y de precisión

Actuación A2.12: Mejora de la nutrición y alimentación de peces mediante el uso de nuevas formulaciones de piensos basadas en mezclas de materias primas alternativas (proteínas de insectos, poliquetos, extractos de algas, levaduras, proteínas bacterianas, etc.) y suplementos dietéticos (probióticos, prebióticos, simbióticos, probióticos), validados a lo largo del ciclo de producción con datos zootécnicos, de comportamiento (ingesta, actividad física, ocupación del espacio, etc.) y nuevas herramientas de biología molecular y de monitorización de la microbiota como marcador del estado general del pez.

Descripción de tareas

Tarea 3.2.1 (M3-M36) - Nuevas formulaciones de piensos de dorada - Se evaluará a escala piloto la viabilidad de nuevas formulaciones de piensos de engorde de peces (Aquafeed Technology 3.0) con diferentes combinaciones de proteínas vegetales, proteínas de insectos, proteínas unicelulares de bacterias y levaduras, hidrolizados proteicos, aditivos y productos de descarte de acuicultura a lo largo de todo el ciclo de producción. La recogida de parámetros zootécnicos se complementará con tests de estrés ambiental (confinamiento, baja disponibilidad de oxígeno, alta temperatura, etc.) para evaluar los efectos de la dieta sobre la fisiología y robustez de los animales en un contexto de cambio global. Como indicadores de bienestar se utilizará una amplia gama de marcadores bioquímicos (GH, IGFs, glucosa, lactato, TG, capacidad antioxidante, etc.), moleculares (PCR-array, RNA-seq) y epigenéticos (metilación-DNA), además de los ya mencionados de microbiota, ADN ambiental, comportamiento y ácidos grasos y cortisol dérmicos (Tareas 3.1-3.3).

Responsable: CSIC1

Participantes: CSIC7, CSIC8

Resultado: Se ha evaluado a escala piloto la viabilidad de nuevas formulaciones de piensos de

engorde con diferentes combinaciones de proteínas (vegetales, insectos, bacterias y levaduras, hidrolizados proteicos, y productos de descarte de la acuicultura). El engorde, se prolongará hasta marzo-abril del 2024. De forma periódica, se están registrado de forma individual el peso y la talla (FishReader, Trovan) del conjunto de la población, con muestreos iniciales, intermedios y finales de agua, sangre y tejidos para análisis bioquímicos, de expresión génica, de patrones de metilación del ADN, y de composición de la microbiota de agua, piel e intestino. En la fecha de cumplimentación de este informe, los resultados de crecimiento muestran que la dieta alternativa con alto contenido en proteínas unicelulares, vegetales y de insectos es especialmente prometedora. Los análisis de expresión génica y de metagenómica de muestras iniciales e intermedias (en fase muy avanzada) han puesto de relieve la estrecha relación entre el metagenoma y el transcriptoma del huésped. Se han generado muestras para el análisis por otros grupos (UMH1, UJI1) de los efectos de nuevas formulaciones de piensos sobre la calidad y seguridad alimentaria (ver WP5 para más detalles). Durante el próximo periodo de puestas está previsto evaluar los efectos de la dieta sobre la capacidad reproductiva en el marco del WP2 (UPV4, CSIC2).

Grado de consecución: 60%

Impacto: Los resultados obtenidos evidencian que, a escala piloto, es factible el uso de formulaciones alternativas sin efectos negativos de la eficacia productiva de la dorada en un escenario de cambio climático. Está en preparación una memoria de invención con el grupo de investigación del IATA-CSIC (CSIC6). Como resultado de esta actividad hay 2 Tesis Doctorales en curso, la defensa de una de ellas (F. Naya-Català) está prevista en febrero-marzo 2024. La segunda, por personal contratado a cargo del proyecto (Ricardo Domingo), se defenderá en el primer trimestre del 2026.

Tarea 3.2.2. (M9-M36) - Desarrollo de piensos sostenibles para camarón - Tras la optimización del biofloc utilizando diferentes salinidades, densidades y la adición de diferentes estimulantes de las poblaciones bacterianas (prebióticos, probióticos y simbióticos), se evaluará la digestibilidad y biodisponibilidad de los posibles ingredientes alternativos que se caracterizan por su alta sostenibilidad (subproductos de la industria agroalimentaria, productos transformados o materias primas ecológicas). Gracias a los datos obtenidos de digestibilidad y biodisponibilidad, se formularán diferentes piensos con altos niveles de sustitución de la harina de pescado, en algunos casos incluyendo aditivos, para comprobar su efecto en la calidad nutricional, sensorial y la salud del camarón (fisiología del tracto intestinal: microbiota, histología, etc...). Finalmente, las combinaciones que proporcionaron los mejores resultados (2 grupos experimentales) se escalarán en tanques de gran tamaño (4 m³), similares a condiciones comerciales, potenciando la transferencia de los resultados a la empresa privada.

Responsable: UPV9

Participantes: CSIC6

Resultado: Se ha llevado a cabo un ensayo de tasas de alimentación al objeto de adaptar las raciones a las particularidades del sistema biofloc. Para ello se procedió alimentar camarones con distintas tasas de alimentación diaria (TAD). Tras 125 días de ensayo, la TAD 100% originó un mayor peso medio, la 50%, produjo la mejor supervivencia, y la 80% fue la óptima. Asimismo, se han llevado a cabo pruebas preliminares para determinar el marcador más apropiado para los ensayos de digestibilidad, resultando que el Y2O3 es el más adecuado. En breve se procederá a llevar a cabo ensayos de digestibilidad con los piensos experimentales. En la actualidad se está llevando a cabo un ensayo con piensos a base de ingredientes vegetales ecológicos, soja, trigo y guisante, y distintos niveles de harina de pescado. Tras 45 días de ensayo, no aparecen diferencias. También se está planificando una serie de pruebas para evaluar la fermentación de ingredientes vegetales con

Bacillus, y mejorar el perfil de aminoácidos esenciales.

Grado de consecución: 20%

Impacto: Como resultado de la actividad se ha desarrollado un Trabajo Fin de Máster de Acuicultura (UV-UPV y CSIC) sobre el efecto de la tasa de la alimentación en el crecimiento del langostino (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) en sistema Biofloc.

Tarea 3.2.3. (M1-M36) - Metabolismo lipídico - Se estudiará el metabolismo lipídico de organismos acuáticos de interés en acuicultura alimentados con diferentes formulaciones para su uso como producto final. Se abordará el estudio de los mecanismos moleculares que explican la biosíntesis de lípidos fisiológicamente esenciales, como LC-PUFAs y VLC-PUFAs, en animales acuáticos objeto de acuicultura, mediante el desarrollo de herramientas efectivas que permitan identificar sus requerimientos y poder así, entre otras cosas, formular óptimamente las dietas que satisfagan tales requerimientos. Se explorarán estrategias de alimentación que ayuden a optimizar la biosíntesis de LC-PUFAs en organismos objeto de cultivo, mediante la caracterización del repertorio de genes desaturasa y elongasa implicados en la biosíntesis de LC-PUFAs, la activación de las vías biosintéticas en condiciones de cultivo optimizadas, y la evaluación de la suplementación de la dieta con potenciadores eficaces de la biosíntesis de LC-PUFAs.

Responsable: CSIC8

Participantes: CSIC1

Resultado: En esta tarea, se ha examinado el repertorio de genes que codifican las desaturasas “front-end” en el filo Annelida. Además, se han caracterizado las funciones de las enzimas codificadas en especies representativas seleccionadas demostrando que se han diversificado ampliamente durante su expansión en ecosistemas tanto terrestres como acuáticos. Se ha encontrado que, además de las omega-x caracterizadas previamente, los anélidos poseen al menos dos desaturasas “front-end” con regioselectividades $\Delta 5$ y $\Delta 6\Delta 8$, que permiten todas las reacciones de desaturación necesarias para convertir los precursores de C18 en LC-PUFA fisiológicamente relevantes, como los ácidos eicosapentaenoico y araquidónico, aunque no en el ácido docosahexaenoico. Este conjunto de genes se conserva en los diferentes grupos taxonómicos dentro de Annelida.

Grado de consecución: 40%

Impacto: La actividad ha resultado en la publicación de un trabajo y una presentación a un congreso. El artículo, publicado en una revista de alto impacto (4.1) complementa la información existente sobre el potencial de síntesis de ácidos grasos esenciales en los anélidos, acabando de definir su potencial como candidatos en estrategias de economía circular como potenciales recicladores de subproductos industriales.

Tarea 3.2.4. (M12-M36) - Caracterizar los efectos paliativos de la inclusión de probióticos dietarios sobre el estrés crónico y el bienestar animal en cultivo de especies mediterráneas (dorada, lubina, corvina, seriola) - Tanto *Lactobacillus rhamnosus* como *Bifidobacterium longum* reducen la ansiedad en el pez cebra regulando la respuesta de los animales al estrés. La hipótesis de partida es que la modulación de la microbiota mediante la administración de probióticos puede reducir el estrés crónico en las especies de cultivo. Esta hipótesis llevará a desarrollar experimentos en los que animales sometidos a un estrés crónico sean alimentados con suplementos probióticos. Utilizando los métodos desarrollados anteriormente y los conceptos alcanzados se compararán los valores de acumulación de hormonas y/o metabolitos en las estructuras objetivo con los de animales sometidos al mismo protocolo de estrés, alimentados con el mismo pienso, pero sin suplemento de probióticos. El efecto de los probióticos se valorará también sobre grupos de

animales a los que no se aplica el protocolo de estrés.

Responsable: CSIC7

Resultado: Se han realizado experimentos para poner a punto técnicas para caracterizar la respuesta comportamental al estrés utilizando al pez cebra como modelo. Se ha realizado un experimento en lubina, para evaluar el efecto de hidrolizados proteicos umami capaces de modificar la función intestinal, sobre la respuesta al estrés y la acumulación dérmica y en cartílago de cortisol, utilizando la metodología obtenida en 3.1.2. Las muestras obtenidas están siendo analizadas actualmente. Se están buscando empresas que puedan manufacturar piensos con probióticos para afrontar la investigación propuesta.

Grado de consecución: 30%

Impacto: Los resultados obtenidos en el grupo de investigación propiamente dicho o la colaboración con UJI-IRSLab (WP6_UJI2) han sido publicados en revistas de elevado índice de impacto y en congresos internacionales (AIEC/OCEANS) y conllevan colaboraciones con otros grupos de investigación nacionales e internacionales. Estos estudios forman, además, parte de la tesis de Alejandra Godino (CDI/CSIC) y Andrea Pino (IRSLab). La primera será defendida en enero del 2024 mientras que la segunda sigue su curso.