

H. Ingeniería y Tecnología

Evaluación del crecimiento y parámetros metabólicos de dorada (*Sparus aurata*) cultivada en RAS y en IMTA-RAS con *Ulva* spp.

Alejandro Blázquez-Durán¹, Raquel Quintã², Diogo Martins³, Juan Antonio Martos-Sitcha¹, J. M. Mancera¹, Ravi Luna-Araújo³, Pedro Pousão-Ferreira^{2,3}, Laura Ribeiro*³

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Instituto Universitario de Investigación Marina, INMAR, Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR), Universidad de Cádiz, España

²S²AQUAColab – Collaborative Laboratory on Sustainable and Smart Aquaculture, Av. Parque Natural da Ria Formosa, s/n 8700-194 Olhão, Portugal

³ Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (IPMA), Estação Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO), Av. Parque Natural da Ria Formosa, s/n 8700-194 Olhão, Portugal

Resumen

Los sistemas de recirculación (RAS) son reconocidos por su mayor sostenibilidad medioambiental debido a los menores requerimientos de agua, volumen de efluentes generados y ocupación de la tierra. En este experimento se compara el cultivo de dorada (*Sparus aurata*) en un sistema RAS respecto a un sistema híbrido IMTA (cultivo multitrófico integrado) – RAS con *Ulva* spp. Para ello, se distribuyeron un total de 524 doradas de un peso promedio de 275 g en cada tanque de los dos RAS (12 kg·m⁻³) y se alimentaron con una dieta comercial. En el caso del IMTA-RAS las macroalgas fueron cultivadas a una densidad de 1,5 kg·m⁻². Al final del ensayo se pesaron los peces y la biomasa algal producida, así como se extrajeron muestras de plasma de 8 peces de cada tanque (16 peces por condición experimental). El crecimiento de los individuos y la calidad del agua fue semejante entre ambos sistemas. Los resultados sugieren una mayor activación del metabolismo lipídico en detrimento del uso de la glucosa como fuente de energía en el sistema IMTA-RAS, mientras que en el RAS se dio el patrón opuesto. Por tanto, el sistema híbrido IMTA-RAS demostró mantener la productividad del RAS sin afectar la condición del pez, con la ventaja de producir 104,6 kg de algas durante el ensayo, siendo este sistema una opción económicamente más rentable.

Introducción

Los sistemas de recirculación (RAS en inglés) han sido identificados como un sistema de producción sostenible porque utilizan menor volumen de agua y ocupan menor área. Además, al reutilizar el agua también se reduce el volumen de efluentes generados, aunque más concentrados, pudiéndose recoger fácilmente y utilizarse para otros fines sin ser vertidos al medio ambiente. El cultivo en RAS requiere un seguimiento riguroso de la calidad del agua (por ejemplo, amoníaco, oxígeno disuelto, pH) para garantizar que los niveles de parámetros físico-químicos del agua se mantengan dentro del rango de valores adecuados para el cultivo de la especie. El organismo tiene la capacidad de adaptar su metabolismo y fisiología a nuevas condiciones, aunque esto puede suponer un coste energético afectando al crecimiento. La integración de macroalgas en el cultivo de RAS puede ayudar a mejorar la calidad del agua, dado que estas especies utilizan compuestos nitrogenados para su crecimiento, además de que la biomasa de macroalgas producida aumenta la rentabilidad de este sistema híbrido IMTA (cultivo multitrófico integrado) – RAS. El objetivo de este trabajo fue comparar el cultivo de dorada (*Sparus aurata*) en RAS respecto al sistema híbrido IMTA-RAS con *Ulva* spp., mediante el análisis de crecimiento, calidad del agua, así como la determinación de parámetros fisiológicos y metabólicos en plasma.

Material y métodos

En esta prueba se utilizaron dos sistemas RAS, ubicados en las instalaciones del EPPO (IPMA, Portugal). Cada sistema RAS estuvo compuesto por 2 tanques de 3 m³, 9 tanques de 200 L, conectados a un filtro biológico y un skimmer. Se distribuyeron un total de 524 doradas (peso medio inicial del orden de 275 g) en cada tanque de los dos RAS, a una densidad de 12 kg·m⁻³. En el sistema híbrido IMTA-RAS las

macroalgas se colocaron en tanques de 200 L a una densidad promedio de 1,5 kg·m⁻². El experimento duró 8 semanas. Las doradas fueron alimentadas con una dieta comercial (Sorgal) al 1,1 % del peso corporal, distribuida en 4 comidas al día. Antes de la alimentación, se registraron diariamente la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH, mientras que los compuestos de nitrógeno se analizaron 3 veces por semana. Semanalmente se recolectó la biomasa de *Ulva* spp., se pesó y se reinició un nuevo cultivo con la misma densidad inicial de algas. Al final de la prueba, además de las algas, se pesaron individualmente todos los peces. De estos, 8 peces de cada tanque fueron anestesiados para obtener plasma y fueron analizadas (16 por condición experimental) mediante técnicas basadas en reacciones colorimétricas. Los kits comerciales de la marca SpinReact (SpinReact S.A., Girona, España) fueron empleados para obtener las concentraciones plasmáticas de glucosa, colesterol, triglicéridos y lactato, mientras que, en el caso del análisis de proteínas plasmáticas, se usó el kit comercial BCA (PIERCE™ BCA, Cultek S.L., Rockford, USA). Para el análisis estadístico se utilizó el programa GraphPad Prism 8® (GraphPad Software, San Diego, USA), aplicando una *t* de Student para muestras independientes a los datos, previa eliminación de los valores atípicos y comprobación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Resultados y discusión

Los valores y patrón de variación de los niveles de oxígeno disuelto y la temperatura fueron similares entre los dos sistemas (datos no mostrados). Los compuestos de nitrógeno mostraron fluctuaciones significativas durante el período de prueba, aunque estas fluctuaciones fueron similares entre los dos sistemas de cultivo (datos no mostrados). Durante el periodo experimental, los valores de NH₄⁺ se mantuvieron por debajo de 1 mg·L⁻¹, mientras que el NO₃ aumentó y se mantuvo por debajo de 60 mg·L⁻¹. Al final de la prueba, las doradas cultivadas en RAS e IMTA-RAS mostraron un crecimiento similar (*p* > 0,05), con pesos finales respectivamente de 398,6 ± 39,9 g en el sistema RAS y de 397,3 ± 45,9 g en el sistema IMTA-RAS, ambos con un TCE 0,63 % día⁻¹. La biomasa total de algas obtenida al final del ensayo fue de 104,6 kg. Los niveles plasmáticos de colesterol, proteínas y lactato no difirieron significativamente en función del sistema (Tabla 1, *p* > 0,05). Sin embargo, los niveles de glucosa fueron significativamente inferiores en los peces cultivados en el sistema IMTA-RAS, mientras que los de triglicéridos (TAG) fueron significativamente superiores (Tabla 1, *p* < 0,05). Estos resultados sugieren que en los individuos cultivados en el sistema IMTA-RAS existe una mayor activación del metabolismo lipídico en detrimento del uso de la glucosa como fuente de energía, mientras que en los individuos cultivados en el sistema RAS se observó un patrón inverso. El análisis de las variaciones hepáticas a nivel de metabolitos y actividades enzimáticas (en curso) podrán explicar las diferencias observadas. Pese a estas variaciones en el metabolismo, la productividad de ambos sistemas fue similar, con la ventaja de que el sistema IMTA-RAS obtuvo biomasa de *Ulva* spp. en el proceso, volviendo a este sistema más rentable económicamente.

Tabla 1. Parámetros plasmáticos relacionados con el metabolismo. Los datos son representados como media ± EEM (*n* = 16). Las letras representan las diferencias significativas entre las condiciones experimentales evaluadas (*t* de Student para muestras independientes, *p* < 0,05).

Parámetro	RAS	IMTA-RAS
Glucosa (mmol/L)	7,9 ± 0,7 a	5,3 ± 0,5 b
Colesterol (mg/dL)	267,0 ± 14,3	245,2 ± 11,8
Proteínas (mg/mL)	37,1 ± 0,8	38,1 ± 0,9
TAG (mmol/L)	2,8 ± 0,2 a	3,6 ± 0,2 b
Lactato (mmol/L)	1,1 ± 0,2	0,7 ± 0,1

Palabras Clave:

Multitrófico, recirculación, macroalga, metabolismo.

Agradecimientos

Trabajo financiado dentro del Proyecto *Impulso de la Alianza Litoral Atlántica para el Crecimiento Azul (ATLAZUL)* del programa Interreg Poctep. A.B.-D. disfrutó de un contrato de personal predoctoral en formación de profesorado universitario de la UCA (resolución UCA/REC143VPCT/2022).

Correo del Autor: alejandro.blazquezduran@alum.uca.es