

AQUASELF. GESTION INTEGRAL ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES DE ACUICULTURA. VERTIDO CERO.

**Juan Antonio Ramos Bernal y Fernando de la Gándara**  
**Instituto Español de Oceanografía (IEO,CSIC)**

### **Trabajo científico**

Actualmente existe una gran concienciación sobre el uso de energía renovables y su optimización en procesos productivos. En acuicultura existe un campo inmenso de aplicación, especialmente en la utilización de RAS energéticamente sostenible. Mediante la determinación de las necesidades energéticas se pueden establecer un método de trabajo energéticamente sostenible, tal que, con el uso exclusivo de energía renovables puedan realizarse el engorde de dorada (*Sparus aurata*). Una vez establecidas las necesidades se ha diseñado el campo solar necesario, y el sistema de automatización, se han establecido los volúmenes de tanques y sistemas de tratamiento necesarios para establecer el cultivo. Además, debido a la problemática ambiental de los desechos nitrogenados (orina, restos de piensos), se ha establecido como objetivo evitar el vertido de agua al exterior del sistema con lo que el aporte energético necesario se reduce drásticamente. Para ello se han utilizado biopolímeros en reactores de flujo descendente, en régimen de semi anaerobiosis. Nuestros resultados muestran que es posible cultivar en fase de engorde dorada sin realizar vertido y con energía 100% renovable.

### **Material y Métodos**

El experimento se llevó a cabo en la planta de cultivos marinos del Centro Oceanográfico de Murcia (IEO,CSIC) situada en la localidad de Mazarrón (37°34'35" N 1°14'02" W). Se utilizaron 5 tanques de 1.680 litros, unidos por su parte inferior a un tanque de tratamiento biológico de 1.850 litros. Diariamente se controlaron la temperatura y la concentración de oxígeno de los tanques, y semanalmente  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , DQO y pH. Para la eliminación de los compuestos nitrogenados se utilizó un tanque de 1.850 litros en donde se produjo la desnitrificación. En su interior se situaron 4 reactores de flujo descendente, divididos en dos compartimentos. En el inferior se situó el medio soporte de las bacterias desnitrificantes (medio poroso *pómice*) y en la parte superior, un biopolímero (derivado de almidón) sintetizado en laboratorio.

Se usaron 100 doradas de  $200 \pm 20$  g de peso distribuidas en los 5 tanques de cultivo, estableciéndose un número de 20 peces por tanque. Las doradas fueron alimentadas dos veces al día 09:00h y 13:00h, manualmente a saciedad aparente, con pienso comercial D-4 Alterna 3 p de Skretting (44% contenido proteico). Se estimaron la ganancia de peso, la tasa específica de crecimiento ( $\text{SGR} = (\ln(\text{peso final}/\text{peso inicial})) * 100/\text{días}$ ), el índice de conversión (consumo de pienso/ganancia de peso), el consumo individual y el coeficiente de variabilidad en peso vivo al principio y final (desviación estándar/peso medio).

Se utilizaron dos sistemas de recirculación de agua. Uno directo a los 5 tanques previo paso por filtración de anillas, filtración de cartucho, *skimmer*, ultravioleta, soplante (filtro biológico) y bomba de calor. Como tasa de renovación diaria de los tanques se estableció como objetivo mínimo un 50% del volumen por día procedente del agua tratada en el filtro biológico. Una vez establecido el caudal de renovación y su tratamiento, se calculó como consumo teórico mínimo un valor energético de 10 kWh por día en épocas más desfavorables (invierno). El otro sistema de recirculación (desnitrificación) se estableció con un caudal de paso de 2 litros/minuto, a través de un filtro de anillas, para proporcionar unas condiciones anaeróbicas en ciertas partes de los reactores. Para establecer este caudal se situó una bomba de 0.4kW con potenciómetro regulador, que permite ajustar el caudal deseado, obteniéndose un consumo teórico de 3 kWh día, en condiciones más desfavorables (invierno). La limpieza de los tanques de cultivo se realizó recogiendo los sólidos gruesos en el filtro de anillas y retornando el agua al tanque de desnitrificación, eliminando las partículas retenidas en los mismo por limpieza con agua dulce.

Una vez determinadas las necesidades energéticas se seleccionó la ubicación del campo solar, en este caso, en las coordenadas (37°34'35" N 1°14'02" W) sobre panel sándwich. Dicha zona está establecida por el MITECO 2023 como zona 5 de radiación solar media de 5 kWh/m<sup>2</sup>, con un número de horas de sol anuales de 3.348 y un HSP de 5,7. Para proporcionar la energía se instalaron 10 paneles de 550 w y un inversor híbrido, apoyados por dos baterías de 48 v de 3,6 kWh. El inversor debe permitir extraer señales donde recibir información, para poder gestionar correctamente el sistema.

El sistema de automatización estuvo compuesto por un PLC (S7-1200) y una pantalla HMI, para gestionar el consumo energético del sistema. Dicho consumo debe tener la particularidad de poder gestionarse según las condiciones climáticas y el nivel de batería existente. Para ello se programaron diferentes modos de funcionamiento según dichas particularidades.

### Resultados y discusión

Se realizó una prueba de desnitrificación, adicionando el polímero en los reactores de flujo descendente y añadiendo ácido nítrico concentrado para obtener 100 ppm de nitrato en disolución (Tabla 1).

**Tabla 1.** Resultados de la prueba de desnitrificación

Fecha	Concentración de $\text{NO}_3^-$ mg/l	Concentración $\text{NO}_2^-$ mg/l	Concentración $\text{NH}_4^+$ mg/l	polímero añadido
25/01/2024	100	0.0	0.0	1000g
31/01/2024	70	4.8	1.0	
7/02/2024	20	5.0	1.0	
20/02/2024	2	0.1	0.1	

Como principales formas de excreción de compuestos nitrogenados tenemos  $\text{NH}_4^+$ , como refiere Martínez López (2002). Tal y como puede observarse en la Tabla 1, prácticamente todos los nitratos añadidos desaparecieron en 26 días fundamentalmente debido a la reacción de desnitrificación presente en el sistema, eliminándose todos los componentes de nitrógeno en forma de  $\text{N}_2$  gaseoso, en acuerdo a lo referido por Alzate Marín (2019)

Actualmente se están estudiando los caudales apropiados y la tasa de eliminación de los reactores en modo continuo. Para ello será necesario aportar un volumen conocido de agua del sistema al tanque de desnitrificación y viceversa. Se prevé una tasa de eliminación en continuo suficiente para el funcionamiento apropiado del cultivo con valores de  $\text{NO}_3^- < 15$  ppm, de  $\text{NO}_2^- < 3$  ppm y de  $\text{NH}_4^+ < 0,5$  ppm.

### Palabras clave

Ras, Desnitrificación, Biopolímeros

### Bibliografía

Alzate Marín, J.C. 2019. Remoción biológica de nitrógeno por nitrificación y desnitrificación aeróbica en reactor de cargas secuenciales. Tesis de maestría. Universidad Nacional de La Plata (Argentina): 126 pp.  
Martínez López, R.E. 2002. Efecto de la dieta y otros factores sobre la excreción de amonio y el aprovechamiento del nitrógeno por dorada y su incidencia en los cultivos de esta especie. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 174 pp.

### Agradecimientos

Al personal de la planta de cultivos de Mazarrón (IEO,CSIC). Sin ellos nada sería posible. Este trabajo se ha realizado en el marco del programa THINKINAZUL, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

### Correo del Autor

juan.ramos@ieo.csic.es