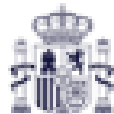




Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA,
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



AQUATROFIC

15/01/2026

ctaqua

CENTRO TECNOLÓGICO
DE LA ACUICULTURA



Cluster de
la Acuicultura

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MACROALGAS A ESCALA SEMI-INDUSTRIAL

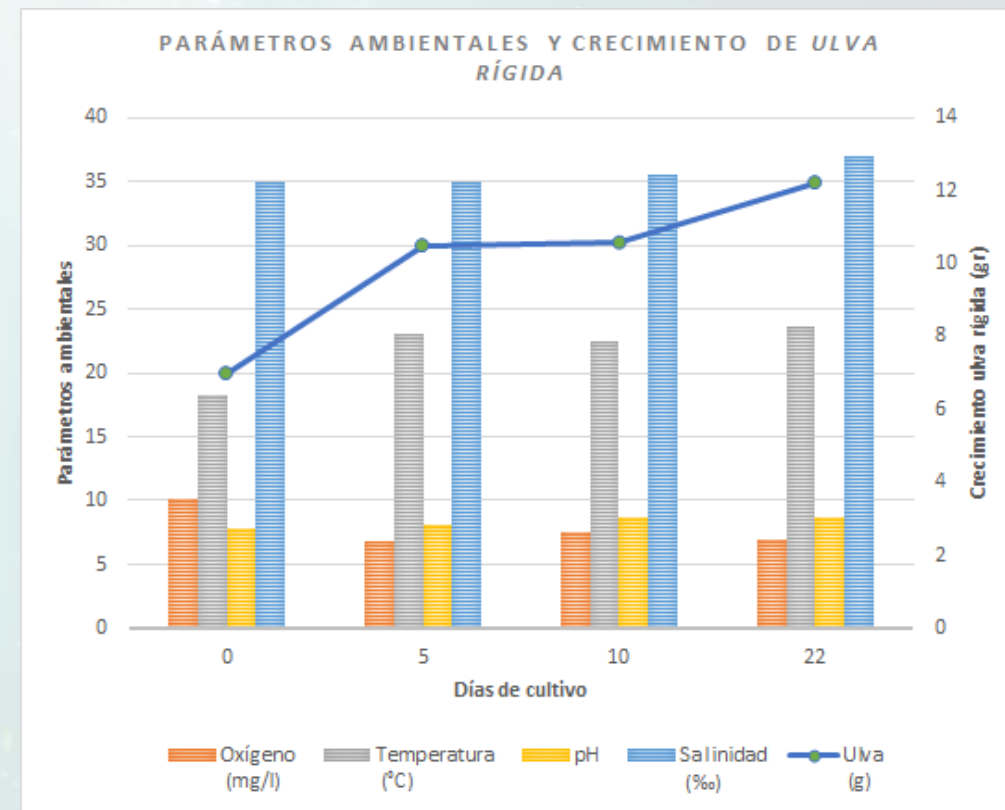
1. Se llevaron a cabo múltiples **muestreos** en el área intermareal de la playa de Couso, ubicada en la **ría de Arousa** en mar abierto. La zona es mayoritariamente de tierra y granítica. La recogida se llevó a cabo a pie y se recolectaron ejemplares que se pasaron a unidades de cultivo para mantenerlos con vida.

2. Se ha recogido ***Ulva rígida*** identificada a través de métodos clásicos (no moleculares), considerando las propiedades morfológicas (tamaño, forma, color...), ecológicas (características del entorno donde se halló, temporada del año...), y microscópicas.

3. La ***Ulva rígida*** es conocida como **lechuga de mar**, es **delgada y textura flexible**, usualmente localizada en áreas rocosas con buena iluminación. También se ha seleccionado la ***Ulva rígida*** ya que es un alga **apta para el consumo** en varias cocinas. También se utiliza como **bioindicador**.



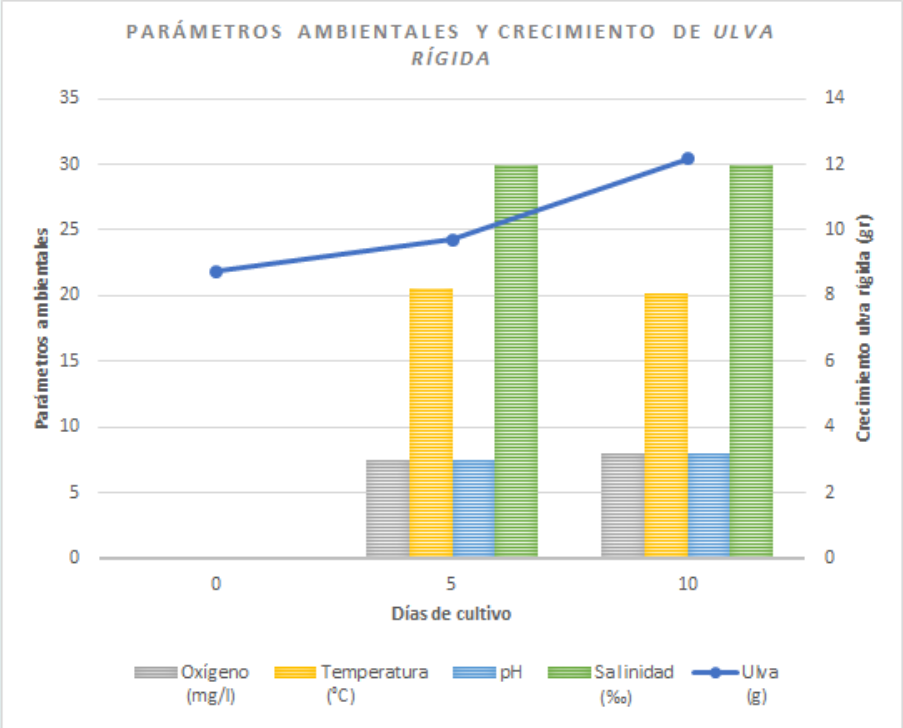
CULTIVO DE MACROALGA *Ulva rígida* A NIVEL DE LABORATORIO



- Se limpian epífitos y se lavan con abundante agua. Se ponen en botellas de vidrio de 2L con agua marina filtrada por 5µm. El cultivo se lleva a cabo con caudal cerrado añadiendo **medio F/2 Guillard** (formado por 0,5 ml/L macronutrientes, 0,5 ml/L de metales y 0,25 ml/L de vitaminas) para suministrar nutrientes a las algas. El agua se renueva cada 5 días. **Luz natural**. La duración del fotoperíodo es de 14 h de luz y 10 h de penumbra. **Aireación de intensidad media/fuerte** para preservar la suspensión de las algas
- Se recogen datos de **oxígeno, temperatura, pH y salinidad**. Se calcula la biomasa. La macroalga presentó un crecimiento estable y continuo durante el periodo de cultivo, con un **incremento medio del 3,17% respecto al peso inicial**.

Días	Oxígeno (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Salinidad (‰)	Ulva (g)
0	10,1	18,2	7,87	35	7
5	6,88	23	8,14	35	10,5
10	7,51	22,5	8,66	35,5	10,6
22	6,9	23,6	8,66	37	12,23

CULTIVO DE MACROALGA *Ulva rígida* EN BOTELLONES EN LA SALA DE FITOPLANCTON



Días	Oxígeno (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Salinidad (‰)	Ulva (g)
0					8,75
5	7,49	20,6	7,49	30	9,71
10	8	20,2	8	30	12,18



EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO DE MOLUSCOS

Esta actividad se enfoca en ampliar el conocimiento del cultivo de la almeja japónica en sistemas multitróficos de cultivo. Durante el proyecto se utilizaron ejemplares de **almeja japónica (*Ruditapes philippinarum*)** procedentes de la **lonja de Ribeira**. Se adquirieron varios lotes y a su llegada al CETGA fueron sometidos a un proceso de limpieza: selección y retirada de ejemplares muertos o con la concha rota, eliminación de epibiontes, enjuague rápido con agua dulce. Fueron **marcaron individualmente** con un número para llevar a cabo un seguimiento más preciso de los mismos.



Se evalúa la evolución del **crecimiento y mortalidad** de la **almeja japónica**, así como la estabilidad y eficiencia del sistema de cultivo. Para ello se realizan muestreos para evaluar **la talla, peso y supervivencia**. También se han monitoreado **las propiedades fisicoquímicas del agua**, así como la caracterización de las **entradas y salidas de nitrógeno** en los sistemas de cultivo

MOLUSCOS ALMEJA JAPÓNICA (*Ruditapes philippinarum*)

A su llegada al centro fueron estabulados en cajas de 40L con 150-160 ejemplares por caja.

Flujo continuo de agua de mar y **aireación constante**

Se **monitorizaron** las condiciones ambientales de la **temperatura, oxígeno y pH**

Para prevenir el contacto directo de las almejas con las heces y residuos orgánicos del fondo, se diseñó un **sistema especial** basado en una estructura de **tubos rellenos de arena**. Sobre esta estructura se colocó una **mallla metálica moldeada con una abertura de 0,5 cm**. Las almejas se ubican sobre la malla, manteniéndose elevados respecto al fondo.



MICROALGAS (*Isochrysis galbana* (Tiso), *Tetraselmis* sp. (Tetra) y *Diacronema Lutheri* (DL), *Phaeodactylum tricornutum* (Ph)

- Las microalgas cultivadas en el CETGA (Tiso, Tetra, DL y Ph) se utilizaron como alimento para las almejas CONTROL. Estas se compararon con las almejas de los sistemas multitróficos testados.
- Las almejas CONTROL fueron alimentadas con microalgas en proporción del 2% de su peso seco.





DISEÑO DE CULTIVO DE MOLUSCOS DE FORMA INTEGRADA CON MACROALGAS

- El **Sistema Multitrófico Integrado de Acuicultura (IMTA)** es un enfoque sostenible que combina en un mismo Sistema especies de diferentes niveles tróficos. Se busca que los **residuos (nutrientes, materia orgánica)** generados por el **rodaballo** son aprovechados por otras especies como moluscos (**almeja japónica**) y macroalgas (***Ulva rígida***), generando mayor eficacia del sistema y al mismo tiempo **reduciendo el impacto ambiental y diversificación de productos**.
- Para **potenciar la sostenibilidad de los sistemas acuícolas terrestres**, en el CETGA se establecen **dos sistemas integrados de multitrófico (IMTA)**, fundamentados en el reaprovechamiento del agua obtenida del Cultivo de rodaballo (*Scophthalmus maximus*). El objetivo es utilizar los nutrientes en suspensión y partículas orgánicas disueltas a través de la inclusión de moluscos filtradores y macroalgas, optimizando la eficacia del Sistema y **reduciendo su efecto en el medio ambiente**.



EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIORREMEDIADOR DE LOS CULTIVOS IMTA

1º SISTEMA MULTITRÓFICO



Este Sistema multitrófico se compone de **tres compartimentos en paralelo**, cada uno con funciones tróficas claramente distintas. **En la fase inicial** se sitúa el tanque diseñado para la crianza de **rodaballo**, que se mantiene en condiciones reguladas a través del flujo constante de agua marina.

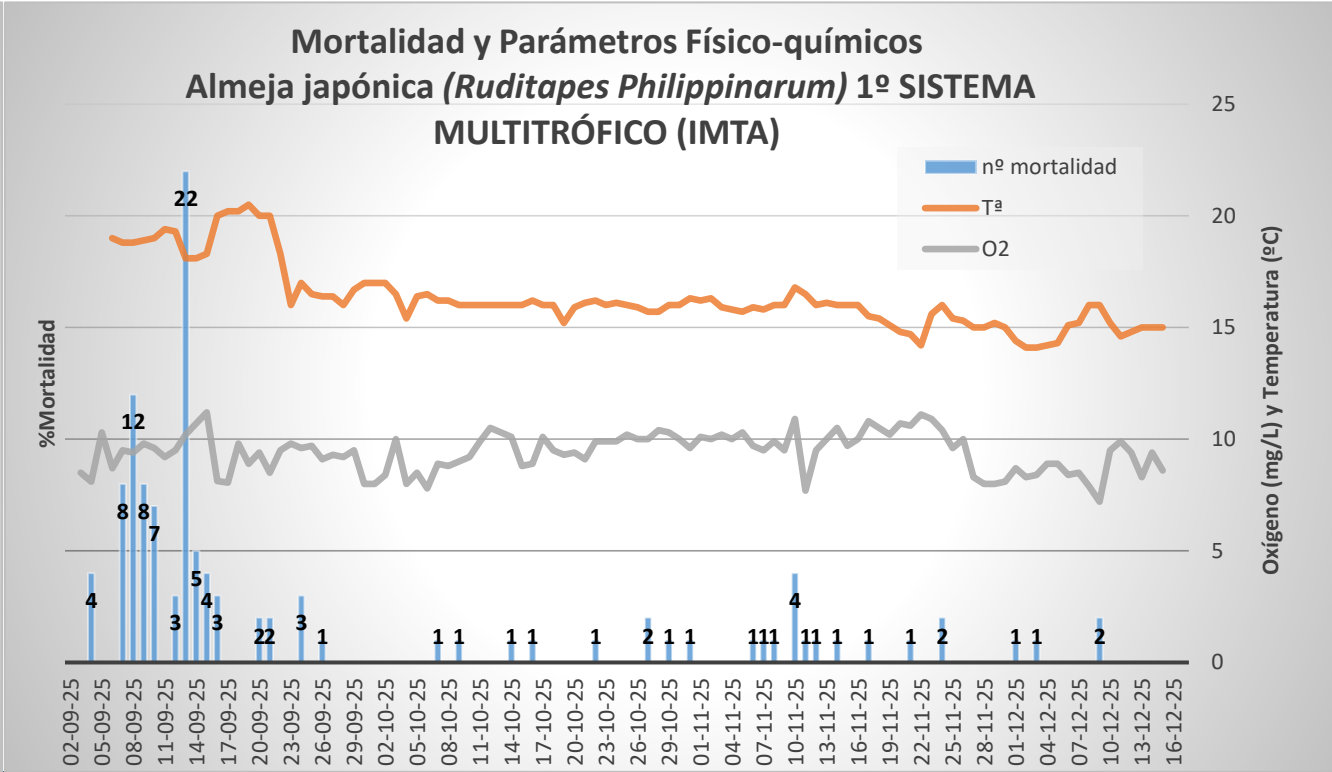
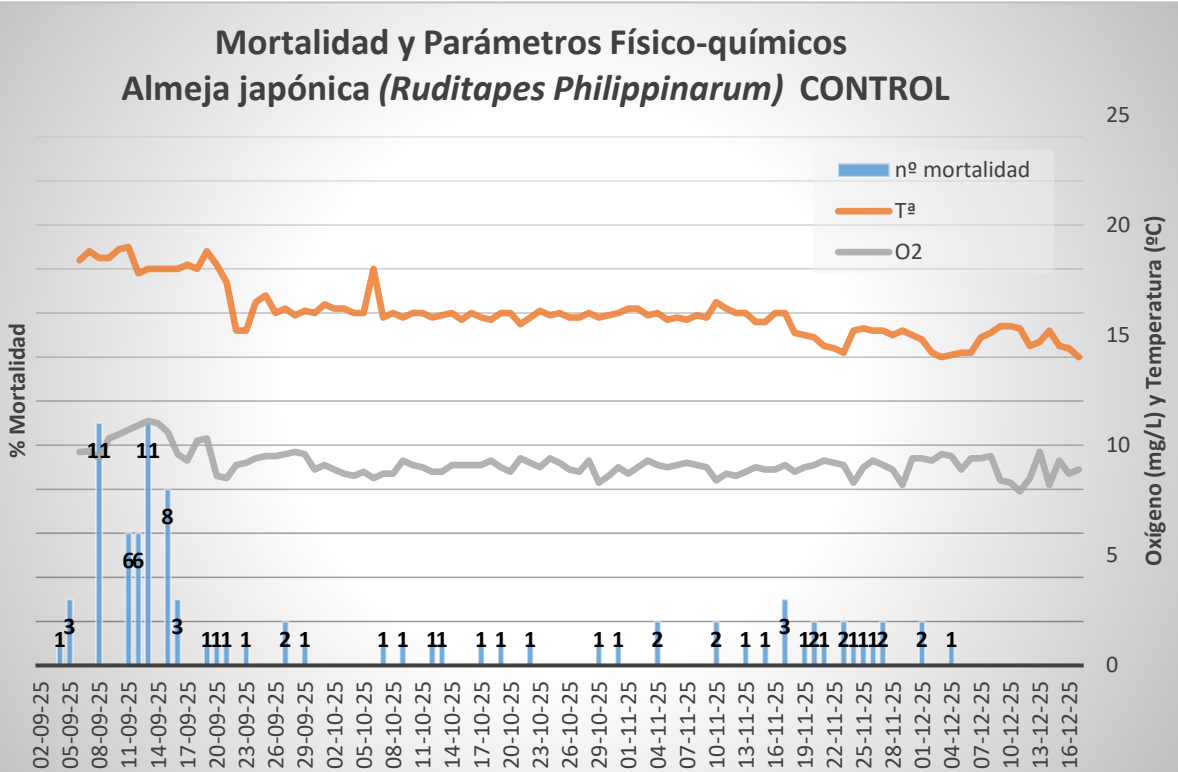
En esta etapa se genera una considerable cantidad de **materia orgánica y nutrientes nitrogenados**, originados por el metabolismo y los desechos alimenticios de los peces. La **segunda fase** corresponde al **tanque de moluscos**, donde se cultivan especies bivalvas (*Ruditapes philippinarum*)

En la **fase tres**, se instala el **tanque de macroalgas**, diseñado para el cultivo de la *Ulva rígida*. Se emplean tanques de profundidad que facilitan una adecuada uniformidad de las algas en la columna de agua, conseguida a través de dos aireadores. Estas algas se **benefician de los nutrientes disueltos**, en particular **nitrógeno y fósforo**, que quedan en el agua tras haber atravesado los tanques previos.

Además de su importancia como recurso acuícola, **las macroalgas contribuyen con el aporte de oxígeno** al Sistema mediante la fotosíntesis y promueven la **final clarificación del agua**. Se recogen datos de temperatura, oxígeno, crecimiento y mortalidad de los 3 compartimentos

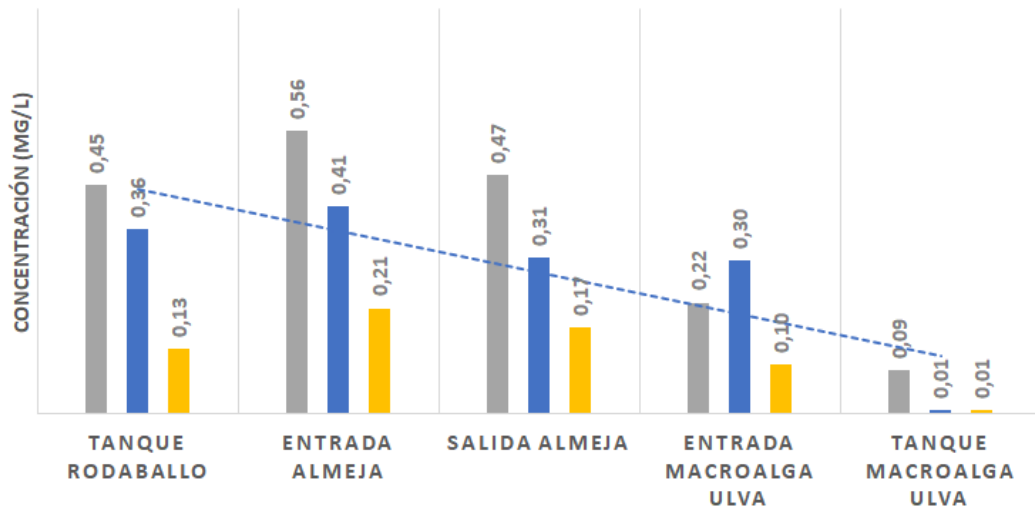
MORTALIDAD Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ALMEJA JAPÓNICA (*Ruditapes Philippinarum*)

CONTROL- 1º SISTEMA MULTITRÓFICO (IMTA)

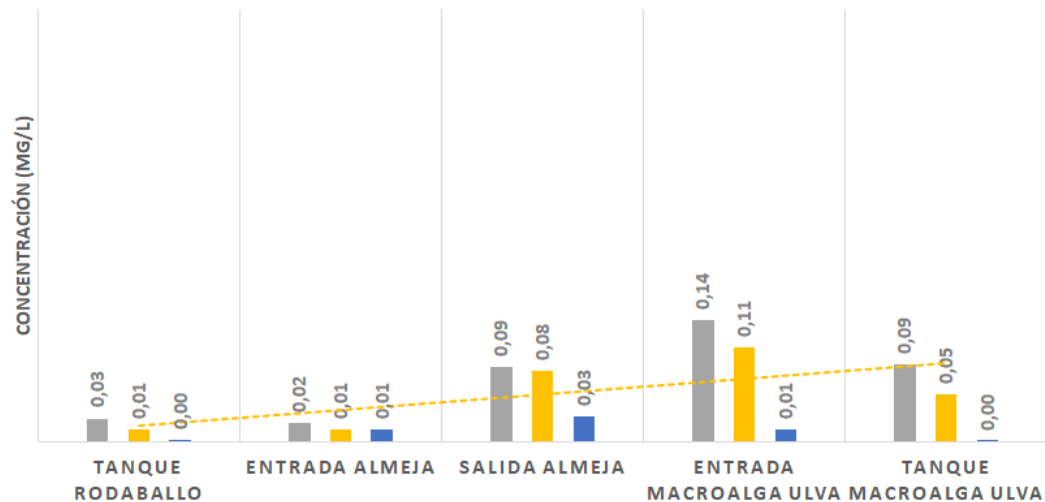


MULTITRÓFICO CONTROL	02/09/2025	17/12/2025	% MORTALIDAD
	179	58	67,60%
	153	70	54,25%

CONCENTRACIÓN AMONIO (MG/L) 1º SISTEMA MULTITRÓFICO



CONCENTRACIÓN NITRITOS (MG/L) 1º SISTEMA MULTITRÓFICO



* Peces-----producen amonio

* Almejas-----reducen partículas que podrían remineralizarse en amonio

* Macroalgas-----capturan amonio

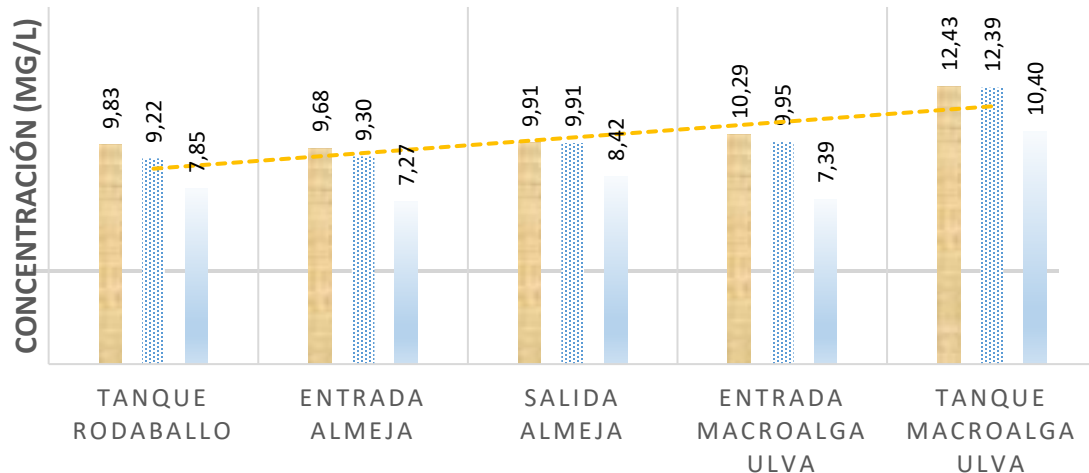


AMONIO Y NITRITOS SISTEMA MULTITRÓFICO 1

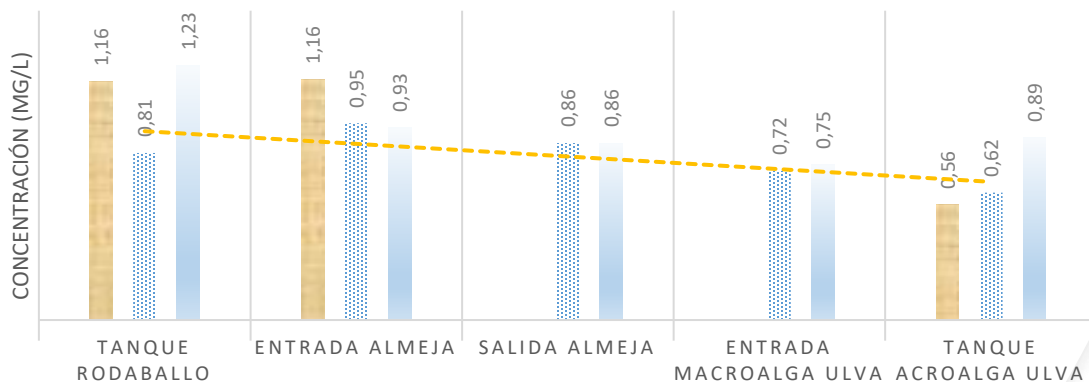
Las mediciones muestran que el **amonio disminuye progresivamente** en este orden, el Sistema está funcionando correctamente y esto es exactamente lo que se busca en un **IMTA bien equilibrado**

El aumento de **nitritos** a la salida del tanque de las almejas puede ser debido a la mortalidad de las almejas que genera un aumento del nitrógeno

CONCENTRACIÓN NITRATOS (MG/L) 1º SISTEMA MULTITRÓFICO



CONCENTRACIÓN FOSFATOS (MG/L) 1º SISTEMA MULTITRÓFICO



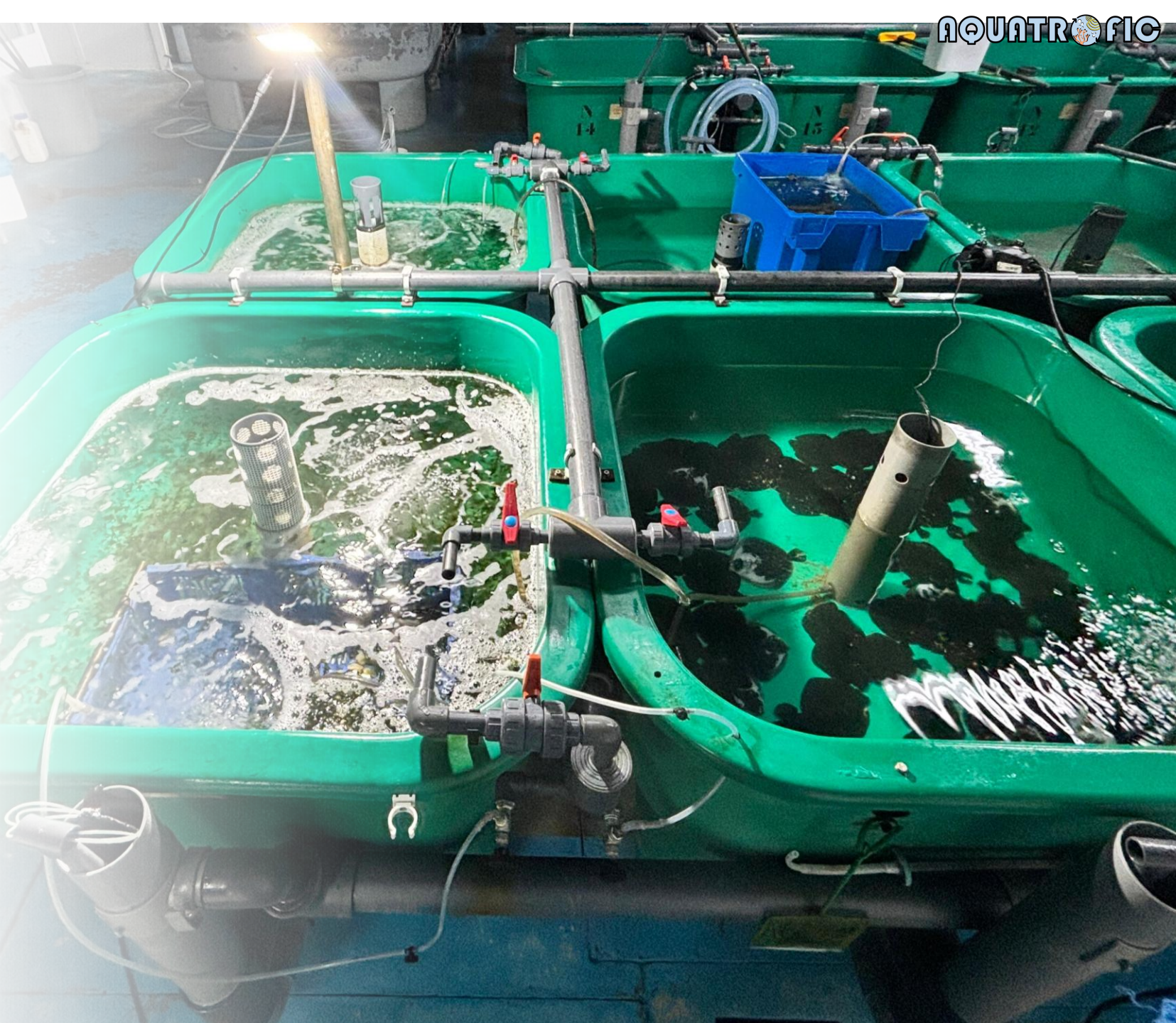
NITRATOS Y FOSFATOS SISTEMA MULTITRÓFICO 1

Los **nitratos aumentan**, esto indica que falta biomasa de macroalgas o falta luz o falta de tiempo de residencia o hay **demasiada excreción de N por parte del rodaballo para el tamaño del biofiltro-macroalga**.

Las **macroalgas removieron la mayor parte del fósforo** del sistema.

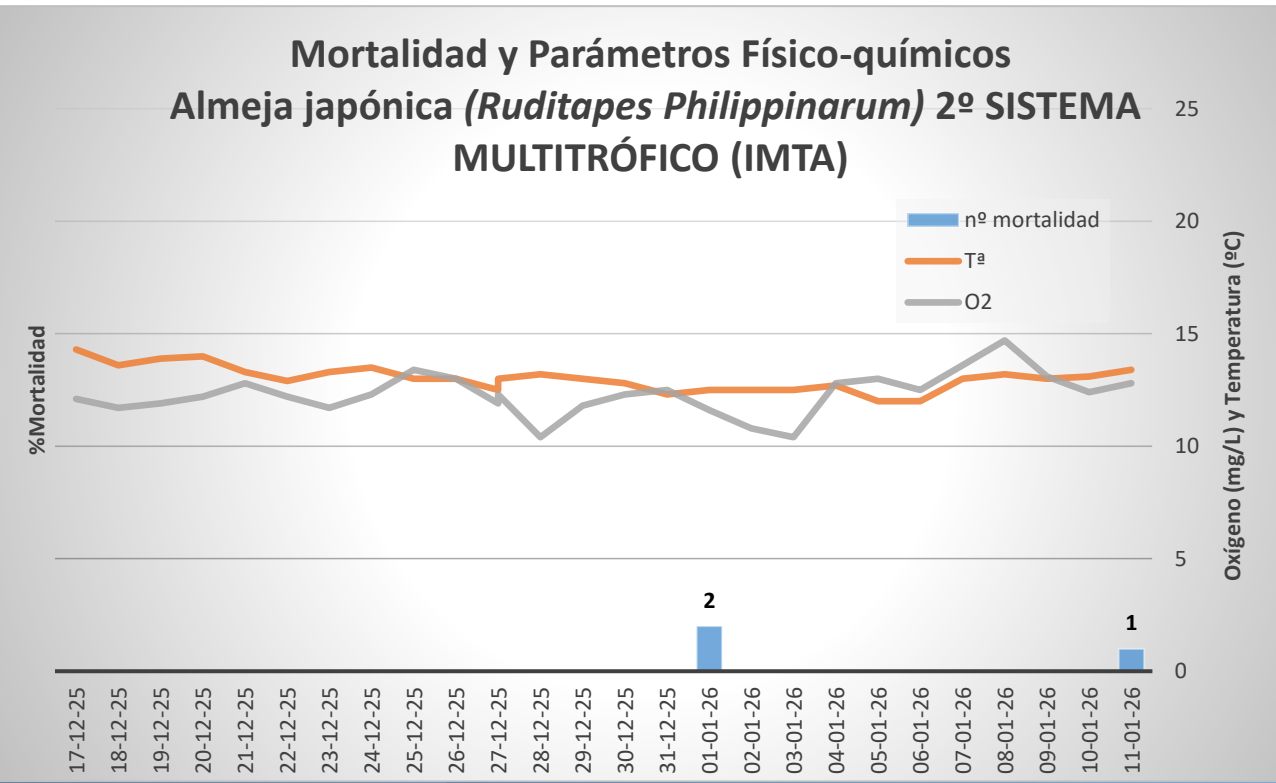
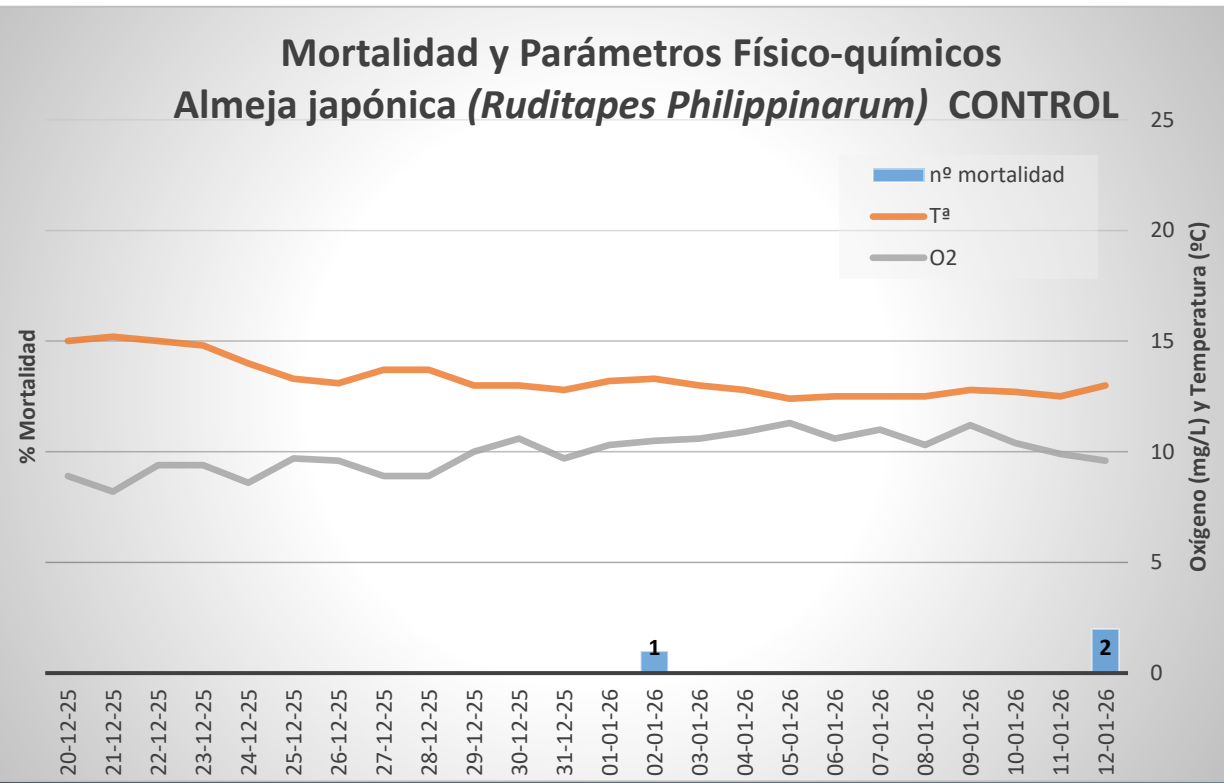
2º SISTEMA MULTITRÓFICO

- Este **Sistema multitrófico integrado de Acuicultura (IMTA)** se compone de **dos compartimentos en paralelo**
- Este Sistema multitrófico se fundamenta en un esquema de **co-cultivo**, donde **moluscos y macroalgas** están dentro de un **mismo tanque**. Esto facilita la **optimización del espacio disponible** y la **simplificación de la infraestructura** del Sistema, preservando simultáneamente el funcionamiento trófico de cada grupo de organismos.
- La **primera fase** corresponde al tanque de cría de **rodaballo**, donde los peces se desarrollan bajo las mismas condiciones reguladas. Esta unidad se encarga de **producir desechos orgánicos y compuestos nitrogenados**, que luego son procesados de manera natural mediante los organismos filtradores y fotosintéticos integrados en las fases siguientes.
- La **segunda fase** implica la creación de un tanque compartido que acoge tanto a los **moluscos bivalvos** como a las **macroalgas**. Los moluscos se ubican en la parte baja del tanque, encima de mallas y las macroalgas se encuentran en la parte superior del tanque, donde obtienen luz natural para realizar la fotosíntesis.
- Se recogen datos de **temperatura, oxígeno, pH** de los dos compartimentos. También **crecimiento y mortalidad**.



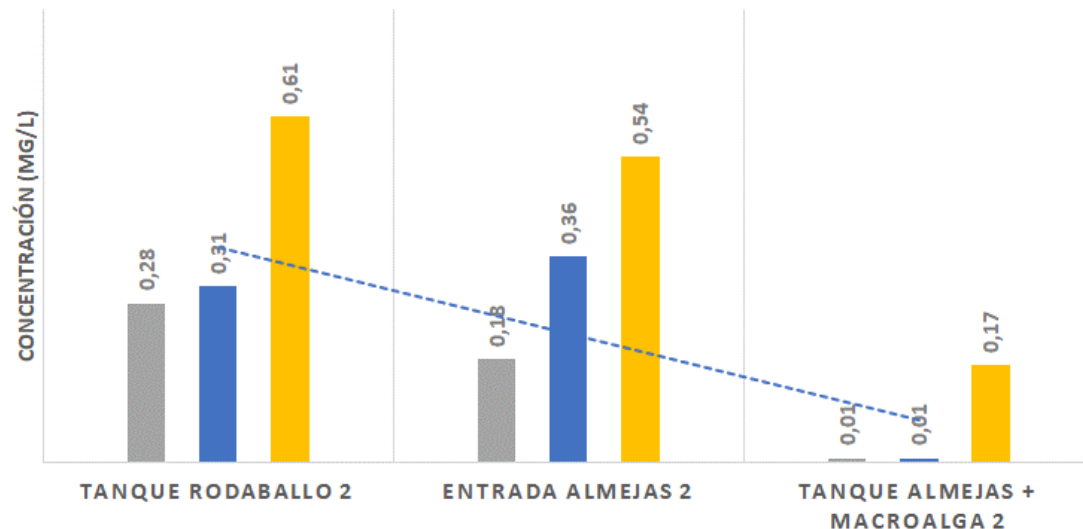
MORTALIDAD Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ALMEJA JAPÓNICA (*Ruditapes Philippinarum*)

CONTROL- 2º SISTEMA MULTITRÓFICO (IMTA)

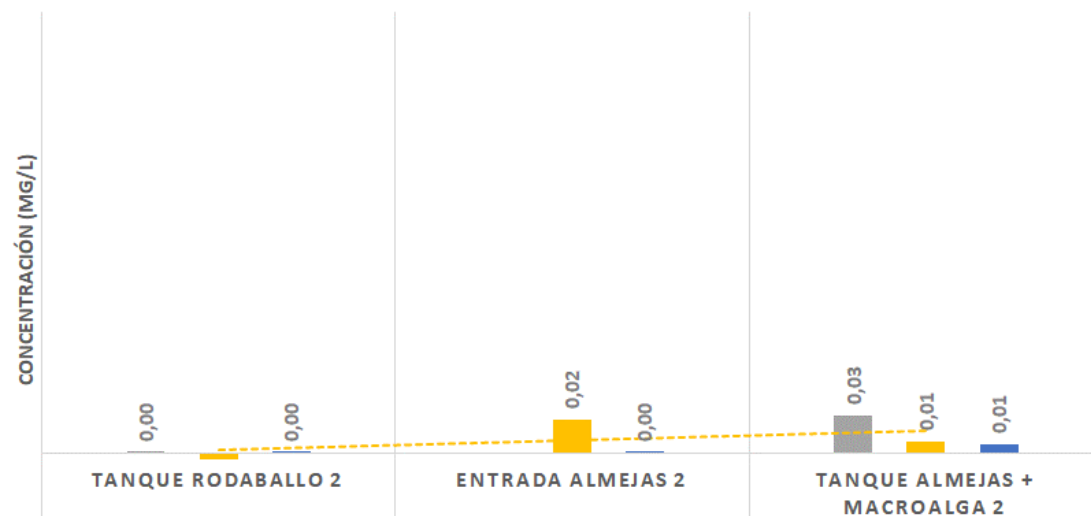


MULTITRÓFICO CONTROL	27/11/2025	12/01/2026	% MORTALIDAD
	65	62	4,62%
	67	64	4,48%

CONCENTRACIÓN AMONIO (MG/L) 2º SISTEMA MULTITRÓFICO



CONCENTRACIÓN NITRITOS (MG/L) 2º SISTEMA MULTITRÓFICO

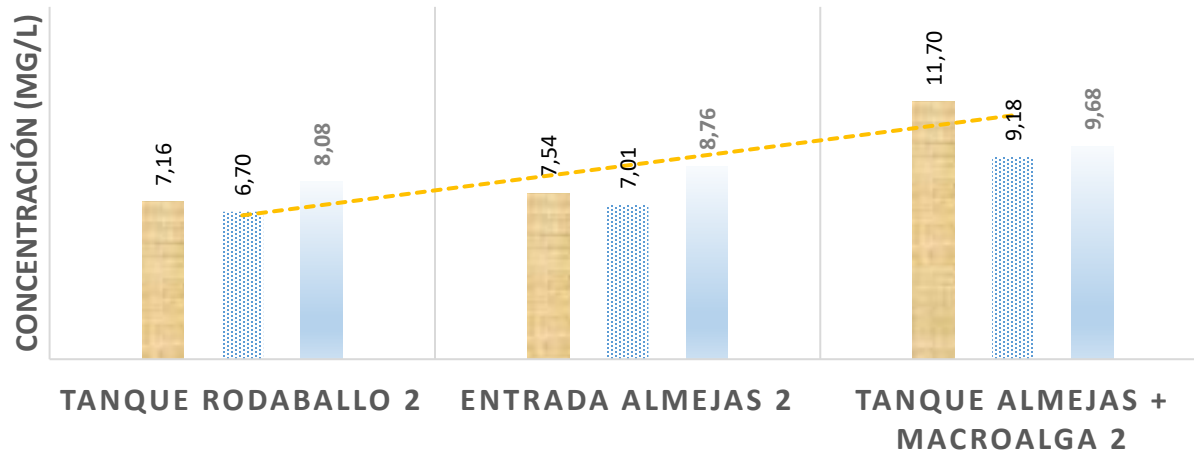


El **amonio disminuye** a lo largo del flujo del Sistema y eso significa que el Sistema multitrófico está **procesando correctamente el desperdicio nitrogenado**

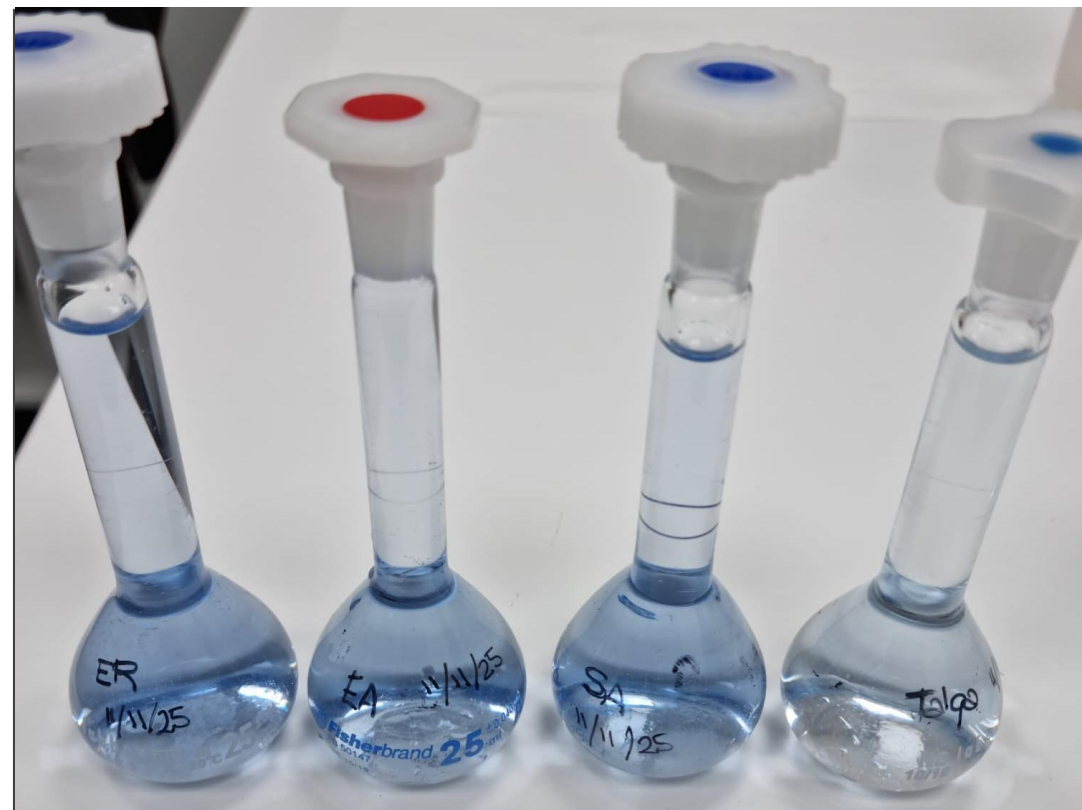
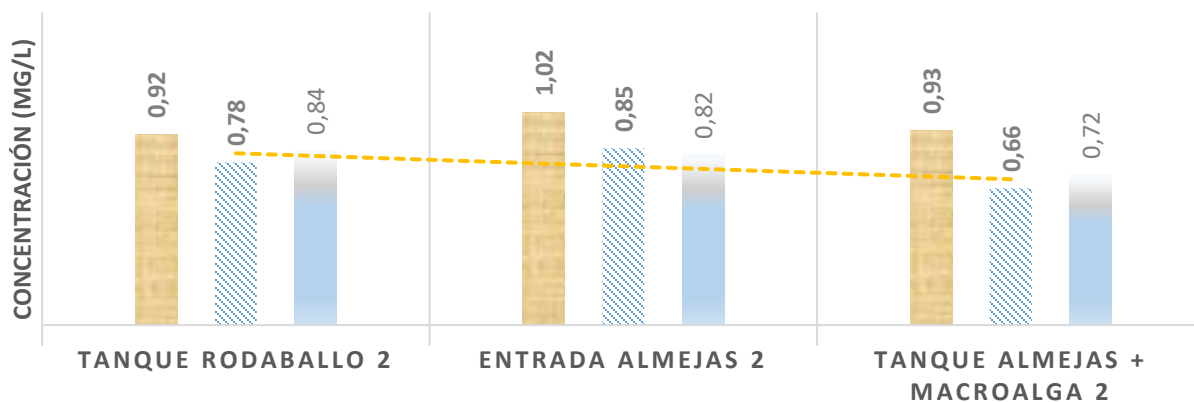
El **amonio tóxico** está siendo **capturado por las macroalgas**

Esto es exactamente el comportamiento esperado de un IMTA funcional

CONCENTRACIÓN NITRATOS (MG/L) 2º SISTEMA MULTITRÓFICO



CONCENTRACIÓN FOSFATOS (MG/L) 2º SISTEMA MULTITRÓFICO



Las **macroalgas absorben activamente fosfatos para crecer**, por eso se observa una **reducción significativa**.

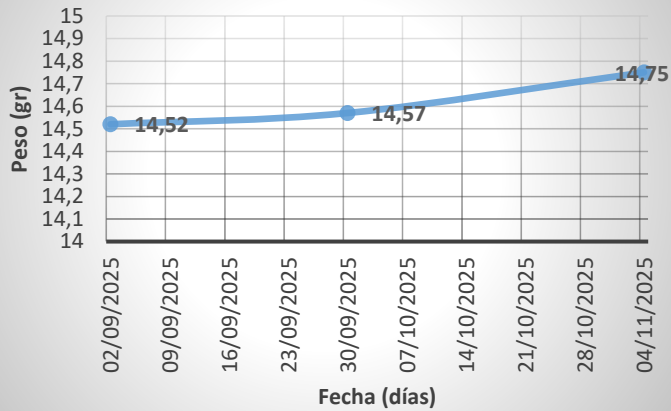
Gran eficiencia de remoción

Prácticamente no hubo remoción en el tanque de las almejas, la almeja tiene bajo impacto, quizá por poca biomasa (0,5 Kg)

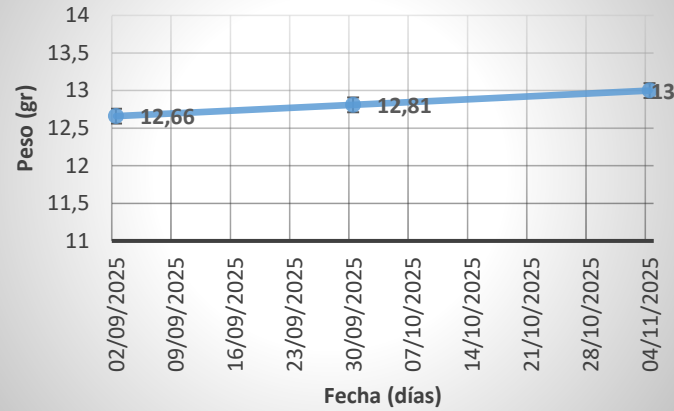
Las almejas filtran partículas, parte de las cuales contienen fósforo

CRECIMIENTO ALMEJA JAPONICA (*Ruditapes Philippinarum*) CONTROL-1ºSISTEMA MULTITRÓFICO Y 2º SISTEMA MULTITRÓFICO (IMTA)

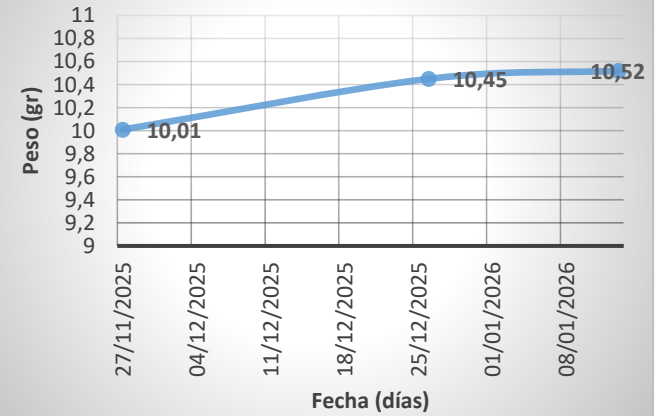
TQc231



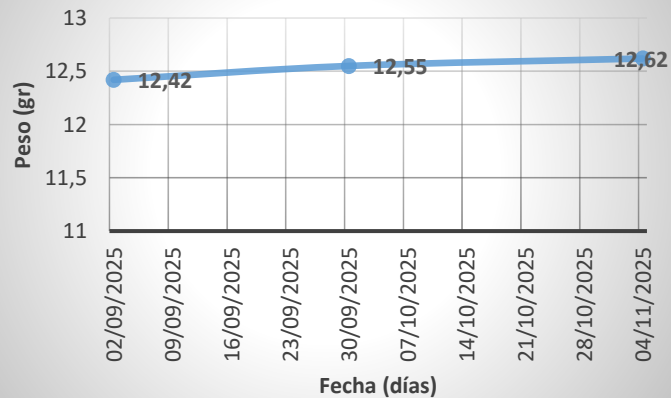
TQM105



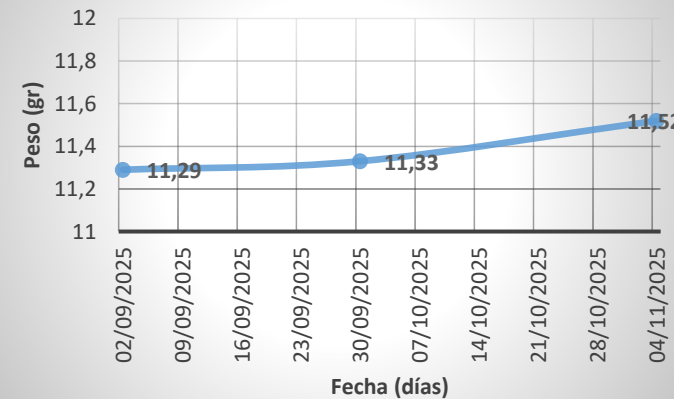
TQM2_11



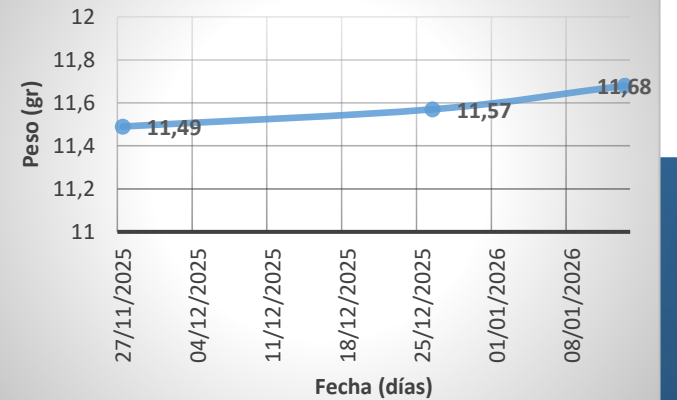
TQc241



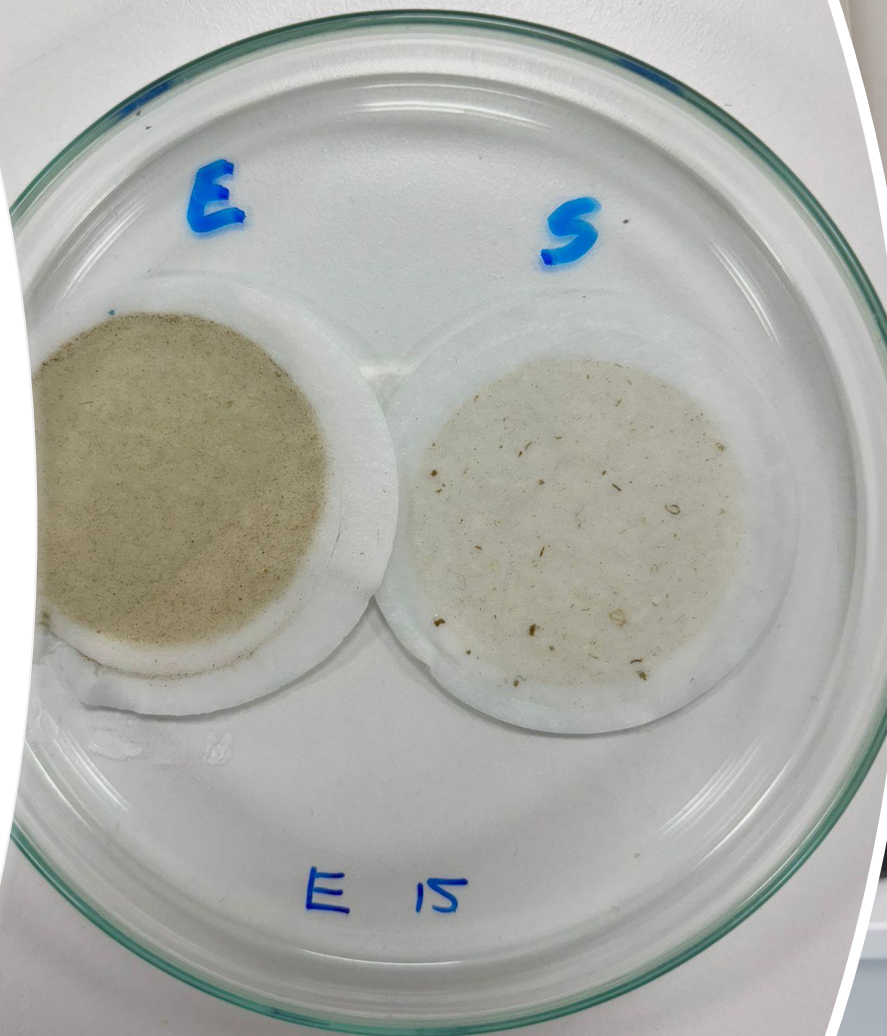
TQM154



TQM2_14



- EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA MULTITRÓFICO
- FILTRACIÓN SÓLIDOS TOTALES A LA ENTRADA (SALIDA TANQUE RODABALLO) Y SALIDA DEL TANQUE DE LAS ALMEJAS

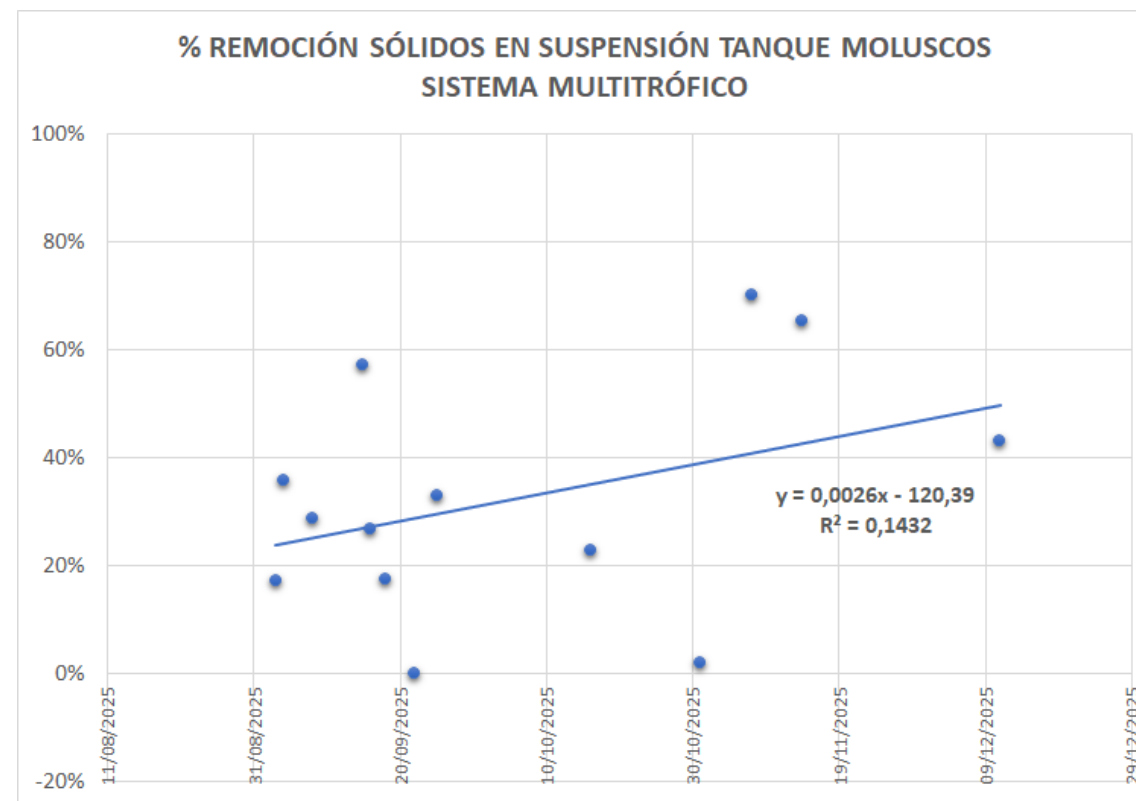


SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el **porcentaje de remoción en el tanque de almejas aumentó progresivamente**. Este incremento indica una **adaptación de las almejas al agua** proveniente de la producción de rodaballo, así como una **mayor eficiencia en su capacidad filtradora** a medida que avanza el tiempo.

El sistema muestra que las almejas mejoran la calidad del agua con el tiempo, aumentando la eficiencia de remoción a medida que se adaptan y se acumulan partículas en el tanque.

El sistema demuestra el **potencial de las almejas como una herramienta de biorremediación en acuicultura**.



CONCLUSIONES

- El cultivo de la **macroalga *Ulva rigida*** presenta un potencial significativo como **biofiltro** y como parte de sistemas multitróficos integrados.
- La **almeja japónica (*Ruditapes philippinarum*)** es viable para cultivos en tierra, mostrando **buen crecimiento**, altos **índices de supervivencia** y un **rendimiento productivo** destacado, lo que la convierte en una alternativa factible en sistemas de cultivo multitróficos con demanda comercial significativa.
- **Los Sistemas Multitrófico Integrado de Acuicultura (IMTA)** con rodaballo, almeja japónica (*Ruditapes philippinarum*) y macroalga (*Ulva rigida*) en compartimentos paralelos demuestran un funcionamiento eficiente y equilibrado. Los residuos del rodaballo son aprovechados por las almejas y por las macroalgas, lo que se refleja en la **disminución progresiva de amonio, fosfato y sólidos en suspensión**, indicando una adecuada transferencia de nutrientes entre los niveles tróficos. Las almejas destacan por su potencial como herramienta de **biorremediación**, mientras que las macroalgas contribuyen al aporte de oxígeno mediante la fotosíntesis y favorecen la **clarificación final del agua**. En conjunto, los sistemas IMTA representan **un modelo sostenible de acuicultura, mejorando la eficiencia de los recursos y la calidad del agua**.

AQUATROFIC



Gracias por su atención



Centro Tecnológico del Cluster de la Acuicultura - CETGA

Punta de Couso s/n - Aguiño - 15965 Ribeira (A Coruña)

Tel: +34 981 841 600

E-mail: cluster@cetga.org