



# EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA **SVA**

**DINÁMICA DEL OXÍGENO  
DISUELTO, AIREACIÓN Y  
CIRCULACIÓN DEL AGUA**

PÁGINA 07

**EL SÍNDROME DE LAS HECES  
BLANCAS EN CAMARONES:  
UNA AMENAZA FLOTANTE EN  
LA ACUICULTURA**

PÁGINA 37

**TRATAMIENTOS DE ENFERMEDADES  
INFECCIOSAS EN PECES  
ORNAMENTALES DE AGUA DULCE,  
INFORMACIÓN BASADA EN ENCUESTAS  
A AFICIONADOS, MINORISTAS E  
INVESTIGADORES/ EXPERTOS EN EL  
REINO UNIDO**

PÁGINA 83



# EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA SVA

JUNTA DIRECTIVA

**PRESIDENTE**  
Eduardo Castillo

**VICEPRESIDENTE**  
Alex Guevara

**SECRETARIO**  
Daniel Arana

**TESORERO**  
Víctor Blanco

**VOCALES**  
Abraham Mora  
Germán Poleo  
Edwis Bravo  
Oswaldo Marín

**SUPLENTES**  
Juan Ulrich  
Eugenio García  
Héctor Rincón

EQUIPO OPERATIVO

**DIRECTOR EJECUTIVO**  
Araldo Figueredo

**DIRECTOR EDITORIAL**  
Alex Guevara

**DIRECTOR DE MEDIOS**  
Víctor Cabezuelo

**ASISTENTE DE MEDIOS**  
Rosa Delgado

**CONSULTORES**  
Marcia Guevara  
Wander Parada



¡COMPROMETIDOS CON EL DESARROLLO ACUÍCOLA DE LA REGIÓN!

## GRACIAS A NUESTROS ALIADOS



## CONTACTO

**Web:** svacuicultura.org / **Email:** sociedadvenezolanadacuicultura@gmail.com



# CONTENIDO

## CONTENIDO

ENERO 2026 | VOL. 6 | NÚMERO 1

### Pág. / Contenido

**05.** Editorial: Hacia una Ley de Acuicultura para la Venezuela del siglo XXI

**07.** Dinámica del oxígeno disuelto, aireación y circulación del agua

**23.** Notas de campo: ¿Quién lidera el mañana de la acuicultura?

**26.** El papel poco reconocido de las dietas iniciales para el éxito en el cultivo de camarones

**37.** El Síndrome de las Heces Blancas en Camarones: Una Amenaza Flotante en la Acuicultura

**43.** Tendencias de innovación en acuicultura exploradas con mimetismo ecológico

**52.** Dos mundos de la acuicultura

**58.** Efecto de los niveles de proteína dietética sobre el crecimiento, la composición corporal y la hematología de la tilapia en biofloc sin sistema de gestión de sólidos

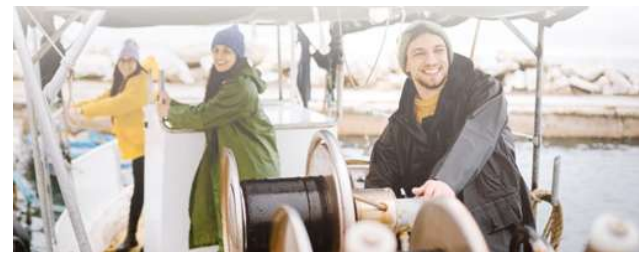
**67.** El sueño de la acuicultura de Uganda

**72.** Venerados y vilipendiados: la difícil situación de los pepinos de mar que se desvanecen

**83.** Tratamientos de enfermedades infecciosas en peces ornamentales de agua dulce, información basada en encuestas a aficionados, minoristas e investigadores/ expertos en el Reino Unido

**92.** Páginas web que vale la pena revisar: <https://corpavet.com>

**Nota:** Las opiniones emitidas en los artículos corresponde a los autores y no deben ser atribuidas a la Sociedad Venezolana de Acuicultura





La concentración más alta del mercado

**promegaBioticf**<sup>®</sup>



OM

Ahora **24x**  
más potente  
Mínimo  $6 \times 10^{10}$  UFC/g

Tratamiento biorremediador para  
suelos de piscinas acuícolas

- Reduce el  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  en el agua
- Controla la floración excesiva de algas
- Rápida mineralización de la materia orgánica

AV

**Nuevo**  
**Anti-Vibrio**  
Mínimo  $1.5 \times 10^{11}$  UFC/g

Tratamiento biológico para controlar  
Vibrio y mejorar la calidad del agua

- Mejora el crecimiento, la supervivencia y la resistencia al estrés



**PELLET**

Aplicación  
al voleo

**SPHERE**

Aplicación a través de  
alimentadores automáticos

**POLVO**

Aplicado al agua / agregado al alimento

**Descubre su potencial respaldado por +25 años de I+D**

[www.megasupply.net](http://www.megasupply.net)  
[ventasVE@megasupply.net](mailto:ventasVE@megasupply.net)

Hagamos acuicultura juntos  
**MEGASUPPLY**

# EDITORIAL

## HACIA UNA LEY DE ACUICULTURA PARA LA VENEZUELA DEL SIGLO XXI

La acuicultura global es mucho más que una actividad económica en crecimiento sostenido. En la actualidad, constituye la mayor garante de la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico de las naciones con visión de futuro. Definitivamente, no es el caso en nuestro país, a pesar de su conocido potencial. En Venezuela, nuestra organización, como ente sin fines de lucro comprometido con la sostenibilidad y la productividad, reúne a los actores clave para impulsar este cambio. Sin embargo, para que el sector acuícola materialice sus bendiciones sobre el país, debemos abordar con urgencia una transformación estructural que comience por su base legal.

### **El Diagnóstico: Un Traje a la Medida, No un Retazo.**

Históricamente, la acuicultura nacional ha operado bajo la sombra de la Ley de Pesca. Aunque son actividades colindantes en espacios y coherentes en rubros objetivo (organismos acuáticos como peces, moluscos y crustáceos), sus naturalezas son contrastantes: el acuicultor no es un

extractor, es un multiplicador, un productor agropecuario de biomasa controlada. Actualmente, el espíritu de nuestra normativa es controlador y punitivo, compatible con la pesca, cuando lo pertinente con la acuicultura es que sea promotor y facilitador.

En esta edición de El Acuicultor, hacemos un llamado a la creación de una Ley de Acuicultura independiente. Una ley que reconozca que el desarrollo de la maricultura es imposible con permisos de apenas un año, y que proponga Autorizaciones de Ocupación a Largo Plazo (mínimo 10 años) para estimular la inversión y brindar seguridad jurídica.

### **Desafíos Logísticos y Competitividad.**

La optimización logística es nuestra asignatura pendiente. Mientras países vecinos como Brasil y Colombia logran costos de producción competitivos (entre US\$ 1,15 y US\$ 1,55 por kilo de tilapia), gracias a economías de escala y legislaciones promotoras, el productor venezolano enfrenta un camino empinado:



\* **Energía y Combustible:** Un suministro inestable que obliga a la autogeneración, elevando costos operativos.

\* **Transporte y Exportación:** Escasez de mecanismos de movilización que dificultan las operaciones y encarecen el producto final.

\* **Carga Tributaria:** Un sector pechado con aranceles de importación, de producción bruta, de movilización de alimentos, e IVA en insumos críticos, a diferencia de otras actividades primarias.

### **Nuestra Propuesta: El Plan Nacional de Acuicultura**

No podemos improvisar el crecimiento. Urge tener un conocimiento preciso de la información acuícola, como estadísticas productivas y registro de unidades operativas, para poder tener un punto de partida claro. Necesitamos un Plan Nacional de Acuicultura nacido de una convocatoria amplia, que establezca metas plausibles y verificables, modelos productivos diversos, programas de zonificación que definan áreas apropiadas para cada cultivo. Es preciso disponer de una infraestructura diagnóstica y programas de bioseguridad. La simplificación de trámites a través de una Ventanilla Única no puede ser más una promesa, debe ser una realidad que elimine la burocracia que hoy dura años.

### **Un Compromiso Compartido.**

Desde la SVA, mantenemos nuestras plataformas orientadas a procurar un crecimiento armónico y responsable del circuito acuicultor. Invitamos al Ejecutivo y Legislativo Nacional, así como a todos los actores del sector, a unirnos para trabajar en esta nueva hoja de ruta. La meta es clara:

convertir a la acuicultura en la principal referencia agroproductiva de Venezuela, mejorando la ingesta proteica del ciudadano, el nivel de vida de amplios sectores rurales y asegurando al país un lugar digno en el comercio global. Es un paso imprescindible para conformar una verdadera industria, como otras naciones vecinas que hoy descollan en el contexto acuícola internacional.

Es tiempo de dejar de ver al acuicultor con sospecha fiscal y empezar a verlo como el aliado estratégico que es.



A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Eduardo Castillo  
Presidente de la SVA

# DINÁMICA DEL OXÍGENO DISUELTO, AIREACIÓN Y CIRCULACIÓN DEL AGUA

Fernando Kubitza

Acqua Imagem Serviços em Aquicultura

fernando@acquaimagem.com.br



La dinámica del oxígeno disuelto (OD u  $O_2$ ) en estanques de cultivo intensivo de peces y camarones está influenciada especialmente por el metabolismo del fitoplancton, el consumo de oxígeno en la descomposición de residuos orgánicos en sedimentos (especialmente bacterias) y la

respiración de peces y camarones. El OD es el primer factor limitante en la producción, de ahí la importancia de la aireación para garantizar niveles de oxígeno estables y adecuados y proporcionar un mayor bienestar a los animales. La aireación, por lo tanto, proporciona seguridad, mejora el

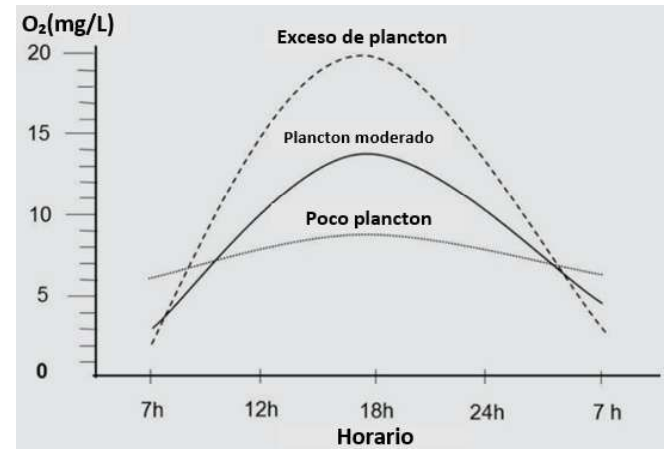
rendimiento, la salud y la sobrevivencia, lo que permite aumentar la productividad y la rentabilidad de los cultivos acuícolas. En este artículo se presentan y discuten los fundamentos y buenas prácticas de la gestión de la aireación y la circulación del agua en estanques y embalses.

## La dinámica del OD en los estanques

Las concentraciones de OD en el agua del estanque varían a lo largo del día en función de la fotosíntesis (producción de oxígeno) y la respiración (consumo de oxígeno). A medida que avanza el cultivo, los valores mínimos de oxígeno (al amanecer) se vuelven progresivamente más bajos y la aparición de concentraciones de OD cercanas a los valores de atención (por debajo de 3 mg/L) y críticos (< 1 y 2 mg/L) se vuelve cada vez más frecuente. Por lo tanto, los productores, especialmente aquellos que no tienen aireadores, deben monitorear diariamente los valores mínimos (alrededor de las 7:00 am) y máximos (4:00 pm) de OD en cada uno de los estanques de la granja. Este monitoreo le permite visualizar la reducción de OD a lo largo del cultivo y actuar con anticipación para evitar que el OD alcance valores críticos, e incluso letales, para peces y camarones.

En los cultivos en estanques, la fotosíntesis (realizada por microalgas) es la principal fuente de oxígeno. En cambio, la respiración de las microalgas suele representar el mayor consumo de oxígeno. A lo largo del día, la producción de  $O_2$  por fotosíntesis generalmente supera el consumo en respiración (de microalgas, organismos sedimentarios y peces o camarones), con un aumento de la concentración de OD y una reducción del dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en el agua. Durante la noche, sin la producción por fotosíntesis (ausencia de radiación solar), la respiración de los organismos en el

medio acuático reduce el OD y aumenta la concentración de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), y en situaciones extremas, puede ocurrir un agotamiento completo del OD en el agua en la madrugada o al amanecer. Cuanto mayor sea la abundancia de microalgas (fitoplancton) y mayor sea la tasa de alimentación diaria, mayor será la variación diaria esperada en las concentraciones de OD y dióxido de carbono en el agua (Figura 1).



**Figura 1.** Variación diaria del oxígeno disuelto en aguas con diferente abundancia de fitoplancton.

## Saturación, sobresaturación y subsaturación de oxígeno

Si tomamos un balde de agua y agitamos vigorosamente esa agua con la mano para proporcionar una aireación fuerte (hasta que el brazo ya no pueda hacerlo), el OD en el agua estará en equilibrio con el oxígeno en el aire y el agua estará saturada de oxígeno (100% de saturación). La concentración de oxígeno en mg/L, que corresponde al 100% de la saturación, la llamamos  $C_s$  y está influenciada por las condiciones de temperatura, salinidad y presión atmosférica. Por lo tanto, los medidores de oxígeno miden la temperatura



y permiten ajustar las condiciones de presión/ altitud y salinidad. Este procedimiento de agitar vigorosamente el agua en un cubo para que alcance  $C_s$  (100% de saturación) es una herramienta útil para verificar que el oxímetro está devolviendo una lectura correcta del OD en el agua. Si el valor leído no está cerca del 100% (digamos, entre el 90 y el 100%), es necesario verificar las condiciones de la membrana y la solución utilizada en el electrodo, los valores de salinidad y altitud (o presión atmosférica) informados en la configuración del dispositivo. Si el dispositivo sigue devolviendo un valor muy diferente del 100%, lo mejor es enviarlo para su revisión. A nivel del mar (presión atmosférica 760 mmHg), a una temperatura de 28 °C, el agua dulce (salinidad cero) está saturada de  $O_2$  a una concentración cercana a los 7,81 mg/L (**Tabla 1**). El agua con 30 ppt de sal (agua de mar) está saturada en  $O_2$  a 6,61 mg/L. La solubilidad del oxígeno en agua (**Tabla 1**) disminuye con el aumento de la temperatura

y la salinidad. La solubilidad también disminuye con la reducción de la presión atmosférica (aumento de altitud o elevación del sitio).

El agua en un estanque determinado puede estar saturada cuando la concentración actual de oxígeno ( $C_a$ ) es igual a  $C_s$  ( $C_a = C_s$ ), subsaturada ( $C_a < C_s$ ) o sobresaturada ( $C_a > C_s$ ). El porcentaje de saturación se calcula de la siguiente manera:  $(C_a \times 100) / C_s$ . En los días soleados, la fotosíntesis incorpora grandes cantidades de  $O_2$  al agua, lo que hace que se sobresature y puede superar entre el 200 y el 300 % de saturación. A lo largo de la noche, sin fotosíntesis, la respiración de microalgas y otros organismos acuáticos, incluidos peces y camarones, consume  $O_2$  y su concentración disminuye, alcanzando valores por debajo de la saturación. Los aireadores, en general, se activan durante toda la noche y la madrugada, con el fin de evitar el déficit de oxígeno en los estanques. Los aireadores

Temperatura	Salinidad del agua (g/L o ppt)				
	0	10	20	30	40
14	10,29	9,68	9,1	8,55	8,04
16	9,86	9,28	8,73	8,21	7,73
18	9,45	8,9	8,38	7,9	7,44
20	9,08	8,56	8,06	7,6	7,17
22	8,73	8,23	7,77	7,33	6,91
24	8,4	7,93	7,49	7,07	6,68
26	8,09	7,65	7,23	6,83	6,46
28	7,81	7,38	6,98	6,61	6,25
30	7,54	7,14	6,75	6,39	6,05
32	7,29	6,9	6,54	6,19	5,87

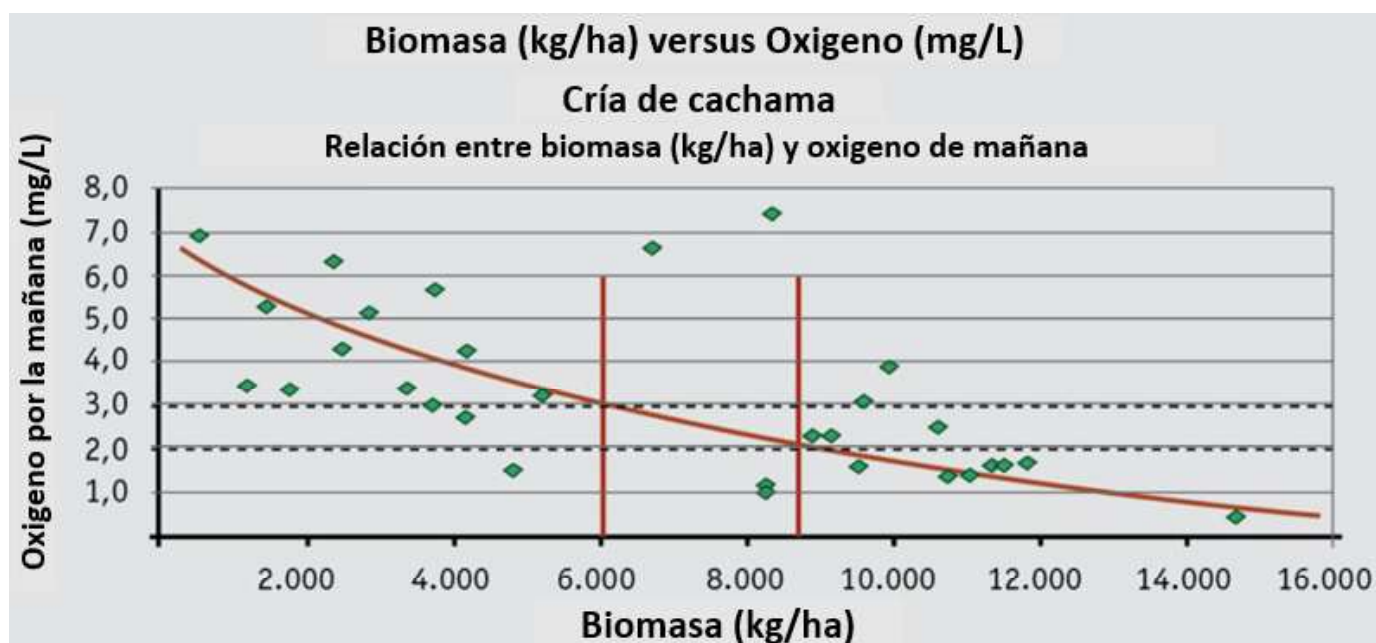
**Tabla 1.** Solubilidad del oxígeno, o concentración de saturación –  $C_s$  (en mg/L), en función de la temperatura y salinidad del agua a nivel del mar (presión 760 mmHg).

solo incorporan oxígeno en el agua si está subsaturada de oxígeno. Cuanto menor sea la saturación de oxígeno, más eficiente será la tasa de incorporación de oxígeno al agua por aireación. Por lo tanto, idealmente, los aireadores deben encenderse cuando la concentración de oxígeno alcance cerca del 60 al 40 % de saturación.

Para peces más tolerantes al oxígeno, como la tilapia y la cachama, la aireación se puede iniciar cuando la concentración de OD alcanza el 40 o 30 %. No es necesario conectar los aireadores con Ca cerca o por encima del 100 %, a menos que el objetivo sea hacer circular el agua en los estanques, un tema que también se tratará en detalle en este artículo.

## ¿Cuándo es necesaria la aireación?

La necesidad de aireación surge a medida que aumenta la tasa de alimentación y la biomasa de peces y camarones. Las piscifactorías con baja renovación de agua, tasas de alimentación superiores a 80 kg/ha/día y biomasa superior a 6.000 kg/ha a menudo tienen oxígeno matutino por debajo de 3 mg/L, y se recomienda tener aireación. Aunque algunas especies toleran una baja concentración de OD, la exposición frecuente a un bajo OD compromete la salud, el rendimiento zootécnico y puede provocar una mortalidad crónica. Así que, es indispensable el uso de aireadores de 80 a 100 kg/ha/día de alimento u 8.000 kg/ha de biomasa (**Figura 2**).



**Figura 2.** Gráfico que compara los niveles de oxígeno por la mañana y la biomasa estimada de peces en estanques con baja renovación de agua en una granja de cachama. Tenga en cuenta que, con biomasa superior a 8 toneladas de peces/ha, aumenta la presencia de niveles de oxígeno por debajo de 2 mg/L. Esto sugiere que la aireación es una herramienta importante en estanques donde el objetivo es producir 8 toneladas o más de peces por hectárea.



## Tipos de aireadores y tasa de transferencia de oxígeno estándar

Se pueden utilizar varios equipos para la aireación en acuicultura. Los aireadores se pueden dividir en dos grupos:

**1) Aireadores que lanzan agua hacia el aire**, haciendo que el oxígeno atmosférico se incorpore al agua en su ascenso, descenso y entrada (efecto cascada) en la superficie de los estanques. En este grupo se encuentran los aireadores de paletas, las bombas verticales (o fuentes) y las bombas de aspersión. Los aireadores de paletas son generalmente más eficientes que los otros tipos de aireadores de este grupo (**Tabla 2; Figura 3**).

**2) Aireadores que inyectan aire atmosférico en el agua**, en forma de pequeñas burbujas de aire. El oxígeno se difunde en el agua durante el camino de las burbujas que ascienden en la columna de agua. En este segundo grupo se encuentran los sistemas de aire difuso (con un compresor radial o soplador de aire que proporciona aire a través de una red de tuberías y mangueras conectadas a difusores de aire, generalmente colocados en el fondo de tanques y estanques). Los aireadores de tipo propulsor (bombas de propela/aspiradora) y los aireadores/generadores de nanoburbujas se encuentran en este grupo (**Figura 3**).

Los valores de la tasa de transferencia de oxígeno estándar (SOTR) y la eficiencia de aireación estándar (SAE) se pueden calcular en pruebas específicas para el rendimiento del aireador. La **Tabla 2** presenta una comparación de SOTR y SAE entre diferentes tipos de aireadores (Boyd y Ahmad, 1987). La gran variación en los valores de SOTR dentro del mismo grupo de aireadores se debe a las

diferencias de potencia entre los aireadores probados. Los aireadores de mayor potencia nominal suelen tener un SOTR más alto. Por el contrario, los valores de SAE muestran menos variación, porque este índice se calcula dividiendo el SOTR por la potencia del aireador. Los aireadores de paletas destacan por su alta eficiencia energética y rentabilidad. Son los más utilizados en piscicultura y camaronicultura porque proporcionan una buena oxigenación y circulación del agua, además de tener un precio asequible y un mantenimiento poco complejo. En general, los aireadores de paletas son más eficientes en la transferencia de oxígeno que otros tipos de aireadores (**Tabla 2**). Sin embargo, hay modelos de aireadores de palas que son menos eficientes que algunos propulsores de aire, bombas verticales, bombas aspersoras (centrífugas) e incluso algunos sistemas de aireación de aire difuso. Algunos modelos de aireadores de paletas nacionales han demostrado una eficiencia comparable o superior a los aireadores importados.

Los propulsores de aire utilizados en acuicultura, a pesar de tener una menor eficiencia de oxigenación (SAE) en comparación con los aireadores de paletas, son muy efectivos en la circulación del agua, estando indicados para la aireación y circulación del agua en estanques y embalses más profundos. Su eficiencia depende de la velocidad del motor (los modelos con 3.450 rpm son más eficientes que los de 1.730 rpm), el diseño de la hélice y otras características de construcción, especialmente el manguito y el eje giratorio.

Las bombas verticales (fuente) mueven el agua, como su nombre lo indica, verticalmente como una "fuente", proporcionando aireación radial ubicada cerca del aireador. Este equipo es más adecuado para estanques pequeños y medianos. Su rendimiento depende del flujo de agua propulsado y de la forma en que esta



**Figura 3.** Imágenes de diferentes tipos de aireadores y sistemas de aireación utilizados en estanques y tanques de peces y camarones. a) aireador de paleta; b) aireador de fuente (bomba vertical); c) bomba de agua adaptada como aireador. Imágenes de sistemas de aireación de aire difuso: d y e) sopladores radiales; f y g) difusores de aire (sistema utilizado generalmente en tanques pequeños en cultivos intensivos).



Tipos de Aireadores	No. de aireadores probados	SOTR (Kg O <sub>2</sub> /hora)	SAE promedio (Kg O <sub>2</sub> /CV.h)	SAE rango (Kg O <sub>2</sub> /CV.h)
Aireadores de paleta	24	2,5 a 23,2	1,64	0,8 a 2,2
Propulsores de aire	11	0,1 a 24,4	1,19	1,0 a 1,3
Bombas verticales	15	0,3 a 10,9	1,04	0,5 a 1,3
Bombas aspersoras	3	11,9 a 14,5	0,97	0,7 a 1,4
Difusores de aire	5	0,6 a 3,9	0,67	0,5 0,9

Tabla 2. Tasa de transferencia de oxígeno estándar (SOTR) y eficiencia de aireación estándar (SAE) de diferentes aireadores (adaptado de Boyd y Ahmad, 1987).

agua se proyecta y se propaga en el aire. Hay modelos con eficiencia de aireación cercana a los aireadores de paletas. Sin embargo, las bombas verticales no son eficientes para promover un movimiento horizontal del agua, como los aireadores de paletas.

Las bombas aspersoras (bombas centrífugas) impulsan chorros de agua a alta presión, con buena incorporación de oxígeno. Sin embargo, tienen valores SAE más bajos. Pero, debido a la simplicidad de instalación y al bajo costo de adquisición, pueden ser una opción para la aireación de pequeños estanques y tanques.

El sistema de difusión de aire, aunque eficiente en ambientes pequeños, tiene un SAE más bajo y, por lo tanto, un mayor costo de energía por kg de oxígeno incorporado. Este sistema es el más adecuado para su uso en estanques, laboratorios y tanques de pequeña capacidad. Tienen un valor SAE entre 0,5 y 1,2 kg O<sub>2</sub>/CV/hora.

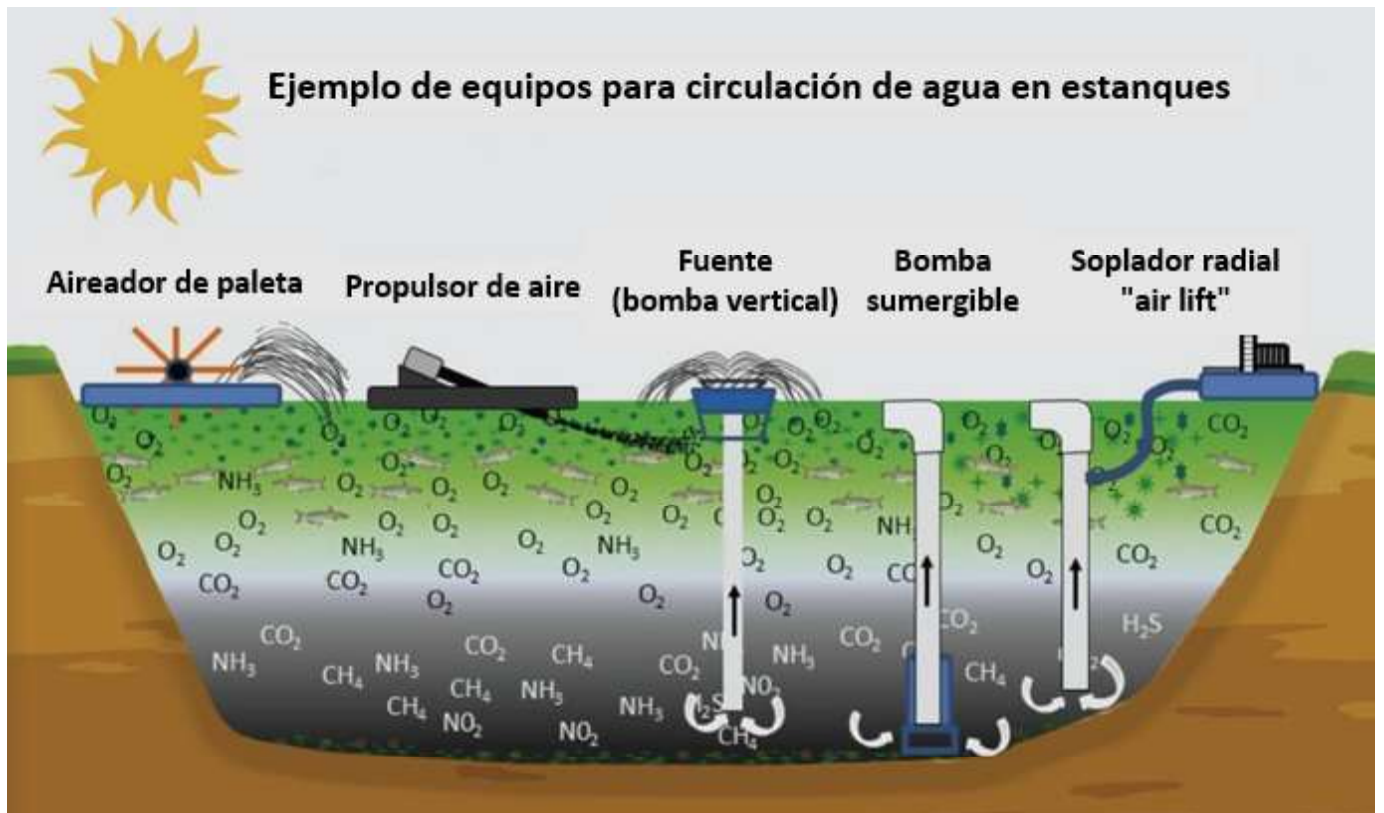
Por último, existen aireadores de mayor potencia y alto SOTR que funcionan acoplados a la toma fuerza de tractores o motores estacionarios. Estos están indicados para uso de emergencia, especialmente en lugares sin electricidad. A pesar del alto SOTR, tienen una baja eficiencia energética

(SAE de 0,7 a 0,9 kg O<sub>2</sub>/CV/h) y altos costos operativos, además de que cada unidad requiere un tractor o un motor estacionario para su funcionamiento. Por eso se utilizan más en situaciones de emergencia.

## Circulación del agua y calidad de la interfaz agua-sedimento

Además de la oxigenación, los aireadores promueven la circulación del agua, lo cual es esencial para promover la desestratificación térmica y química de la columna de agua y mejorar la calidad de la interfaz agua-sedimento. La circulación del agua puede ser promovida por aireadores y circuladores de agua diseñados específicamente para este propósito (**Figura 4**).

La mezcla de agua superficial con agua del fondo del estanque minimiza la estratificación térmica y el gradiente de oxígeno a lo largo de la columna de agua. Esto acelera la descomposición de los residuos orgánicos en los sedimentos y minimiza la formación de zonas anaeróbicas en el fondo de los estanques. Aunque es importante en estanques y embalses de producción de peces, la circulación del agua es esencial



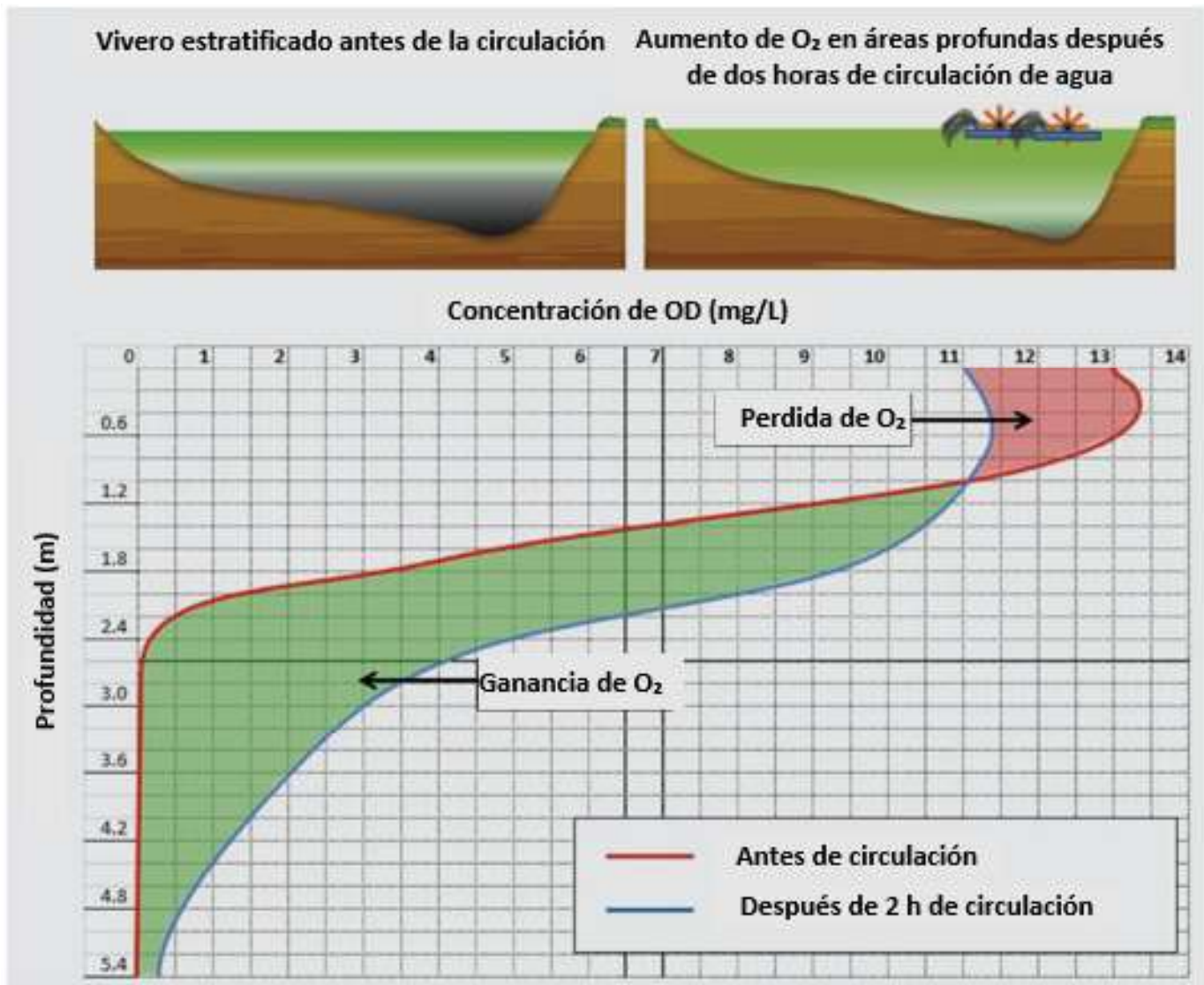
**Figura 4.** Ilustración de algunos equipos que pueden promover la circulación del agua en estanques.

en los estanques de cultivo de camarones. Los camarones habitan en la interfaz agua-sedimento y dependen de los sedimentos para encontrar alimentos naturales y refugio. Mantener una buena calidad ambiental en esta zona profunda aumenta el espacio que puede ser aprovechado por el camarón y proporciona una mayor disponibilidad de alimentos naturales. Esto mejora el bienestar, el rendimiento, la salud y la sobrevivencia de los animales, así como la productividad de los cultivos. La circulación intencional de agua en los momentos pico de la fotosíntesis (entre las 11:00 am y la 1:00 pm) aumenta la concentración de oxígeno en áreas de mayor profundidad y, por lo tanto, aumenta la reserva total de oxígeno en el estanque, lo que puede reducir el tiempo de aireación requerido durante el periodo nocturno (**Figura 5**).

## La importancia del control del fitoplancton

El exceso de nutrientes con las altas tasas de alimentación y fertilización en años consecutivos de cultivo favorece la acumulación de nutrientes en los sedimentos y la ocurrencia de densas floraciones de microalgas, con predominio de algas cianófitas (cianobacterias). A altas densidades, las microalgas causan variaciones extremas en el OD, el pH y el dióxido de carbono, y generalmente causan mal sabor en pescados y camarones. A los peces y camarones no les va muy bien con fluctuaciones extremas y frecuentes en la calidad del agua, y la aparición de "mal sabor" causa retrasos en las cosechas y costos de producción adicionales.





**Figura 5.** Representación gráfica del aumento de la concentración de oxígeno en áreas profundas después de 2 horas de circulación de agua realizada con un aireador de paletas de 3 CV en una laguna de 0,53 ha. La circulación aumentó la reserva total de OD en la columna de agua de la laguna.

Además, las microalgas consumen una gran cantidad de oxígeno, lo que obliga al uso de un mayor poder de aireación en los estanques. Una floración de cianobacterias con transparencia de agua de 18 cm consume aproximadamente 1 g de O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>/hora. Considerando 1 m de columna de agua, en 1 hectárea de estanque, la demanda nocturna de oxígeno por parte de las microalgas puede alcanzar los 10 kg de O<sub>2</sub>/hora (**Figura 6**). Este valor equivale al consumo de 100 toneladas de tilapia (0,1 kg

de O<sub>2</sub>/t/hora). Así, en estanques con biomasa de tilapia inferior a 100 t/ha (10 kg/m<sup>2</sup>), el fitoplancton es el mayor consumidor de oxígeno y responsable de más de la mitad de la energía gastada en aireación. Las prácticas de manejo para mantener las floraciones a menor densidad son esenciales para el uso racional de la energía y la reducción del costo de la producción de peces y camarones en los estanques, además de minimizar los problemas de "mal sabor". Entre estas buenas prácticas se encuentran el uso de

### La aireación repone el oxígeno consumido por las microalgas, peces y microorganismos (sedimento)



- 1 tonelada de tilapia  
1 kg = 0,1 kg O<sub>2</sub>/h



- Fitoplancton (Disco de Secchi 1 8cm)  
= 1 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>/h = 10 kg O<sub>2</sub>/ha/h

DE (peces/m <sup>2</sup> )	Biomasa		Consumo de O <sub>2</sub> (kg/h/ha)		Potencia de aireación (CV)		
	(kg/m <sup>2</sup> )	(t/ha)	Tilapia	Algas	Tilapia	Algas	TOTAL
5 a 6	4	40	4	10	4	10	14
7 a 8	6	60	6	10	6	10	16
9 a 10	8	80	8	10	8	10	18
11 a 12	10	100	10	10	10	10	20

**Figura 6.** Ilustración del consumo de oxígeno esperado por tilapia y microalgas (en agua verde con transparencia cercana a los 18 cm) y el poder de aireación mínimo necesario para satisfacer este consumo.

alimentos de alta calidad, limitaciones en la biomasa y la tasa de alimento, renovaciones parciales de agua, control químico con el uso de alguicidas, bloqueo de la luz y reducción de la disponibilidad de nutrientes con el aumento intencional de la turbidez por arcilla o el uso de macrófitos acuáticos flotantes, por ejemplo.

## Potencia de aireación

En estanques piscícolas con baja renovación hídrica y biomasa de 6 a 10 toneladas/ha, se recomienda tener una potencia de aireación entre 5 y 10 CV/ha. La **Tabla 3** presenta sugerencias para la potencia de aireación en estanques de producción intensiva de tilapia, en función de la disponibilidad de agua para la renovación y la biomasa de peces.

En la cría de camarones, el uso de aireación

nocturna generalmente se requiere cuando las tasas de alimentación superan los 20 a 30 kg/ha, o cuando se espera que la biomasa de camarones supere los 2,000 kg/ha. Boyd (2003) sugiere proporcionar 1 CV/ha de aireación por cada 400 a 500 kg de camarón, además de lo que se puede producir sin aireación. Por lo tanto, se deben utilizar 2 CV/ha de energía para producir 3.000 kg de camarones/ha y 4 CV/ha para mantener una biomasa de 4.000 kg/ha. Clifford (1992), con aireadores de paletas, sugiere una potencia de 6 CV/ha para sostener la biomasa de camarón entre 2.000 y 8.000 kg/ha. En tanques circulares se sostuvieron biomásas equivalentes a 15.000 kg/ha con una aireación equivalente a 20 CV/ha. En general, se necesitan alrededor de 0.8 a 2.0 CV / tonelada de camarones en la etapa final de cultivo.



Renovación de agua (%/día)	Biomasa (t/ha)	Tasa de alim. final (kg ración/ha/día)	Potencia de aireación (CV/ha)
Ausente	4 a 6	60 a 80	Ausente
Ausente	8 a 15	100 a 120	5 a 10
5 a 15	15 a 25	200 a 250	10 a 15
15 a 20	25 a 35	300 a 400	20 a 25
25 a 30	40 a 50	500 a 600	30 a 35
30 a 40	60 a 80	700 a 900	40 a 50

**Tabla 3.** Potencia de aireación sugerida (en CV/ha) en estanques de producción intensiva de tilapia, en función de la renovación diaria de agua, biomasa de peces esperada (t/ha) y tasa de alimentación (kg de alimento/ha/día) en las últimas semanas de cultivo.

La potencia de aireación (PA), expresado en CV/hectárea, también se puede definir en función de la velocidad máxima de alimentación (MTA, expresada en kg de alimento/ha/día) y la concentración mínima de oxígeno disuelto (OD min, expresada en mg/L) deseada en los estanques por la mañana. La siguiente ecuación desarrollada por Hopkins et al. (inédito) y mencionado por Clifford (1992) se puede utilizar para determinar el poder de aireación:  $PA = MTA / (29 - 4.3 \times OD \text{ min})$ . Por ejemplo, si se espera que la velocidad de alimentación pueda alcanzar los 100 kg de alimento/ha/día y si se desea mantener una concentración mínima de oxígeno de 3 mg/L, la potencia de aireación (PA) debe ser:  $PA = 100 / (29 - 4,3 \times 3) = 6,21 \text{ CV/ha}$ .

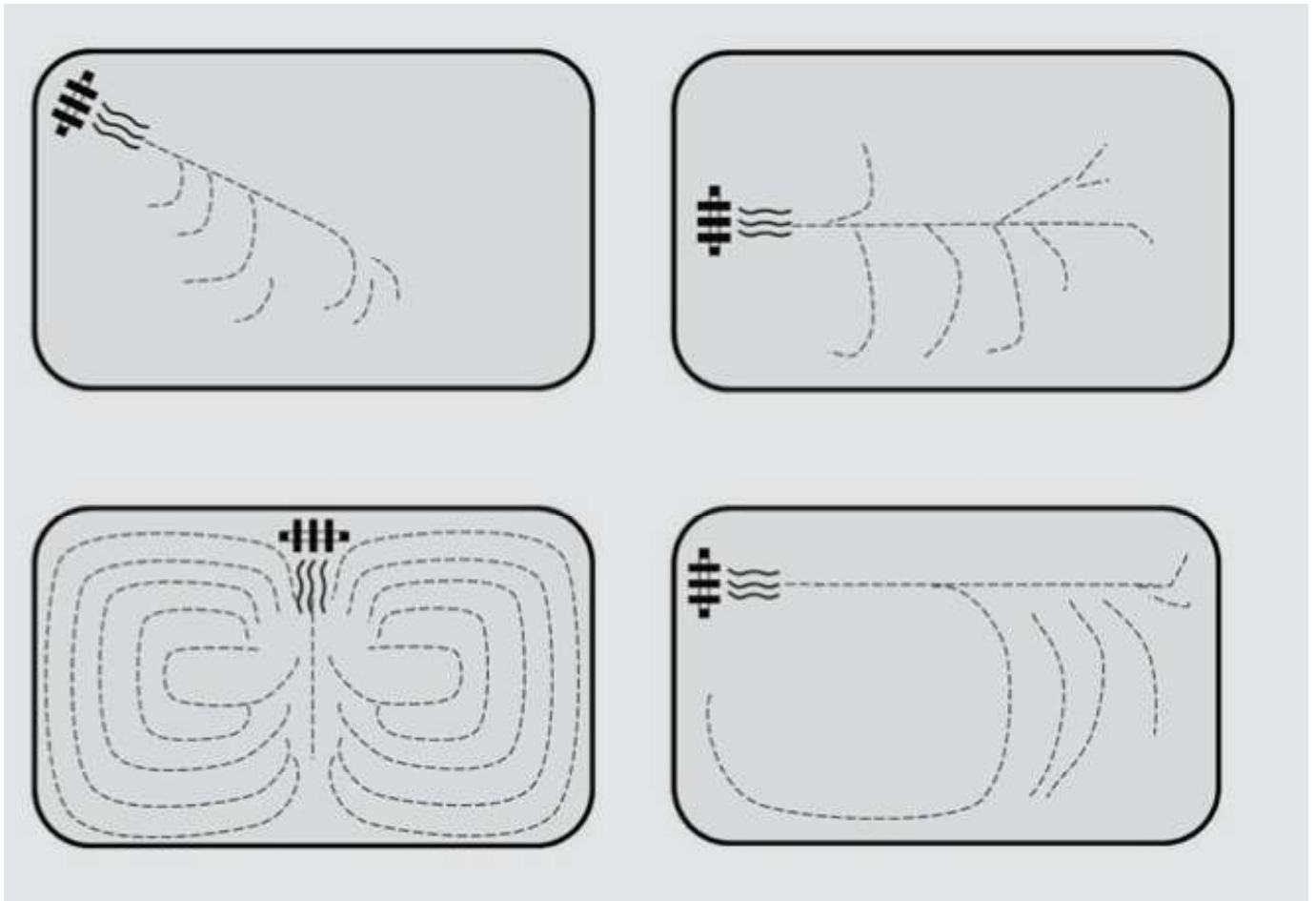
Determinar la potencia de aireación requerida no es una tarea fácil, ya que la demanda de oxígeno en los estanques puede ser bastante variada, dependiendo no solo de la biomasa de peces o camarones, sino también de la tasa de alimentación, densidad y tipo de microalgas predominantes, demanda de oxígeno de los sedimentos, historial de cultivo, entre muchos otros factores. Además, a menudo se desconoce el SAE

real de los aireadores utilizados. Por lo tanto, es mejor monitorear las concentraciones de OD al amanecer para saber si la potencia de aireación instalada es suficiente para mantener los valores por encima del 40% de saturación y agregar o reducir el número de aireadores en función de este monitoreo.

## Posicionamiento de los aireadores

Boyd observó la circulación del agua en tanques rectangulares donde se instalaron aireadores y se activaron en diferentes posiciones. Los aireadores colocados en el centro de una de las orillas más largas del estanque, con el flujo de agua dirigido perpendicularmente a la orilla opuesta, promovieron una circulación más uniforme del agua (**Figura 7**).

En la cría de camarón, suele ser común disponer aireadores en serie, en las esquinas del estanque y paralelos a los taludes, promoviendo un movimiento circular del agua en los estanques (**Figura 8**).



**Figura 7** – Posicionamiento del aireador y circulación del agua en estanques de forma rectangular (adaptado de Boyd, 1990).

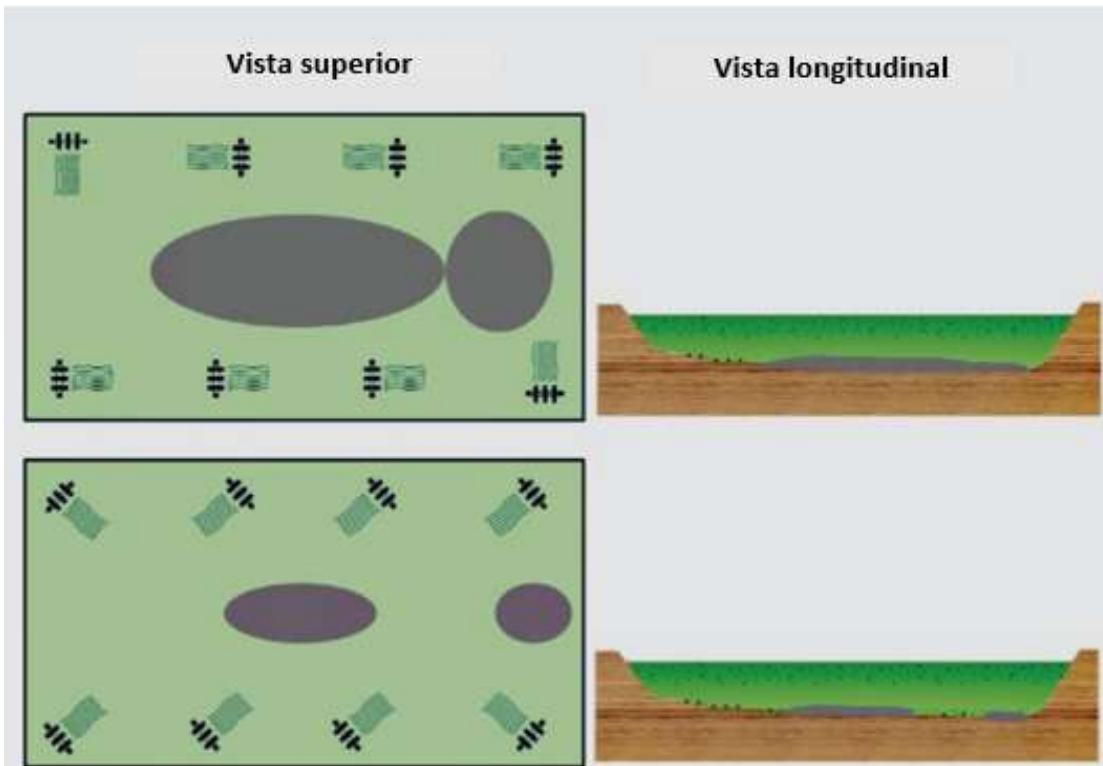
Esta forma de colocar los aireadores acelera el agua menos profunda cerca de las pendientes laterales y crea una zona de baja velocidad en el centro y las áreas más profundas de los estanques. Esto provoca la erosión de los taludes laterales y del fondo alrededor del perímetro de los viveros, formando zanjas adyacentes a los taludes internos. La arcilla, el limo y los residuos orgánicos se suspenden y depositan en las zonas centrales y más profundas de los viveros, donde la velocidad del agua es menor. Con una circulación de agua insuficiente, la interfaz agua-sedimento y los sedimentos en el centro y en las zonas más profundas de los estanques se vuelven anaeróbicos (sin oxígeno), lo que favorece la formación y acumulación de compuestos tóxicos como metano, gas sulfuro de

hidrógeno, nitrito, amoníaco, entre otros.

Los camarones evitan estas áreas de ambiente hostil y desprovisto de alimentos naturales (bentos) y están más concentrados en las áreas menos profundas y periféricas de los estanques. Para corregir esto, los aireadores no deben estar paralelos ni demasiado cerca de los márgenes. Y el flujo de agua debe orientarse en diagonal desde las pendientes hacia la línea central de los viveros. Esto reduce la erosión en las laderas y hace que los sedimentos se distribuyan de manera más homogénea por todo el estanque, reduciendo la deposición de sedimentos en las áreas centrales y en los lugares más profundos de los estanques.

En momentos de bajo oxígeno disuelto, los





**Figura 8.** Ilustración de la colocación de los aireadores y la acumulación de sedimentos en un estanque de forma rectangular. Con los aireadores colocados paralelos y cerca de las orillas, hay una mayor erosión en el talud y una mayor deposición de sedimentos en el área central del estanque. Colocar los aireadores entre 10 y 15 m de distancia de los taludes y de modo que el flujo de agua se dirija en diagonal ( $45^\circ$ ) hacia la línea central de los estanques disminuye la deposición de sedimentos en las áreas centrales y más profundas de los estanques, mejorando las condiciones de sedimentos para los camarones.

peces y camarones terminan posicionándose cerca de los aireadores, donde el OD es más alto. En caso de que sea necesario añadir un aireador adicional en el vivero para reforzar la aireación, este aireador adicional debe colocarse cerca de los aireadores de trabajo, ya que es el lugar donde los animales están más concentrados. En estanques grandes y estanques sin aireadores, si es necesario colocar un aireador en caso de emergencia (por ejemplo, un aireador móvil acoplado a la toma de fuerza de un tractor o un motor estacionario), este aireador debe colocarse en

un lugar donde la concentración de oxígeno sea mayor, ya que los peces y camarones ciertamente ya están cerca de este lugar. Colocar los aireadores en lugares opuestos a las áreas de mayor concentración de oxígeno obligará a los animales a moverse a través de un cuerpo de agua con bajos niveles de oxígeno disuelto para llegar al aireador. En estanques grandes, con un largo trayecto hacia el aireador, los animales pueden morir de asfixia en el camino.

## Gestión eficiente de la aireación

En cultivos intensivos de peces o camarones con altas densidades de población y biomasa, no es necesario mantener los aireadores encendidos todo el tiempo. En los días soleados, la fotosíntesis realizada por las microalgas (fitoplancton) suele ser capaz de producir oxígeno en mayores cantidades que el consumo. De esta manera, los aireadores pueden permanecer apagados o encenderse y apagarse a horas programadas a lo largo del día. Durante la noche, los aireadores suelen estar encendidos continuamente hasta las primeras horas de la mañana. La gestión eficiente de la aireación contribuye a la reducción de los gastos de energía, además de reducir el desgaste de los equipos.

## Monitoreo continuo de oxígeno y control de aireación

En muchas granjas, los gastos de electricidad para la aireación son muy altos. Esto justifica que un empleado esté disponible por la noche para monitorear continuamente el oxígeno disuelto en los estanques y encender o apagar los aireadores en función de los valores del OD. Las lecturas nocturnas de OD en estanques deben tomarse cada 2 horas, y los aireadores deben encenderse cuando el OD se acerca a 3 o 4 mg/L.

Las sondas que leen el OD en tiempo real (**Figura 9**) también se utilizan para controlar la activación de los aireadores. Estas sondas envían los datos a una caja de control que activa o apaga los aireadores, uno por uno, cuando se alcanza el límite de OD inferior o superior programado. Estos equipos y sistemas de control requieren una inversión

inicial y una limpieza y mantenimiento constantes de las sondas. Aunque trabajan de forma autónoma, es imprudente no tener un empleado de guardia para monitorear y verificar el funcionamiento del sistema, monitoreando los niveles de oxígeno en paralelo y verificando si los aireadores realmente se encienden y apagan según lo programado.

La opción de utilizar dos, tres o más aireadores de menor potencia, en lugar de un solo aireador de alta potencia, es una estrategia que permite un uso más racional de la energía. A menudo no es necesario activar toda la potencia de aireación instalada en un vivero a la vez. Los aireadores adicionales de menor tamaño se pueden transferir a un vivero determinado ya que se requiere más potencia de aireación. Estos aireadores deben concentrarse en un área de seguridad, recordando que los peces se mueven rápidamente a áreas del estanque donde la concentración de oxígeno es mayor. Por lo tanto, en lugar de distribuir los aireadores por todo el estanque, en un intento de mantener una concentración uniforme de oxígeno a lo largo de los estanques, los aireadores deben concentrarse en un área más restringida (un área de seguridad), donde los peces van durante los momentos de bajo oxígeno. Otros lugares del estanque pueden incluso tener cero oxígeno, siempre que el área de seguridad esté bien aireada. Esto es particularmente importante cuando la disponibilidad de aireadores es limitada.

## Consideraciones finales

Todavía queda mucho por evolucionar en el manejo eficiente de la aireación en piscifactorías y camarонерías. Las tecnologías que antes eran caras ahora se han vuelto más accesibles, lo que permite un monitoreo más





**Figura 9.** Sistemas de monitoreo de oxígeno en tiempo real en piscifactorías, junto con las cajas de control del aireador. Los aireadores se encienden automáticamente de acuerdo con la concentración de oxígeno medida en el momento en cada estanque.

eficiente, incluso en tiempo real, del oxígeno disuelto y, por lo tanto, un control más eficiente de la aireación. Esto contribuye a la reducción del desgaste de los equipos, los gastos de mantenimiento y el consumo de energía, reduciendo el costo de producción. Los fundamentos y sugerencias presentados aquí pueden ayudar a los productores y técnicos a establecer y llevar a cabo mejor estrategias efectivas para el monitoreo de oxígeno y el control de la aireación, de acuerdo con la realidad de sus empresas.

Puede acceder al artículo original en la revista Panorama da AQUICULTURA, 2025, Vol. 33, edición 201, Pág.: 14-25 o a través del siguiente enlace:

<https://panoramadaaquicultura.com.br/dinamica-do-oxigenio-dissolvido-aeracao-e-circulacao-de-agua/>



Sociedad Venezolana  
de Acuicultura

# POTENCIA ACUÍCOLA

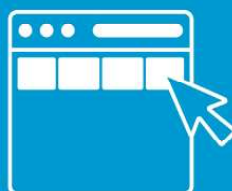
**PROMOCIONA TU IDEA,  
PRODUCTO O SERVICIO  
JUNTO A NOSOTROS Y NUESTRO  
GRUPO DE EXPERTOS**



Ciclo de  
webinar



Revista El Acuicultor  
y Boletín mensual



Página web



Plataformas sociales  
comunidad digital



# NOTAS DE CAMPO: ¿QUIÉN LIDERA EL MAÑANA DE LA ACUICULTURA?

Leah Williams Stoker - FishPros Network - leah@fishprosnetwork.com



Crear una cultura que apoye el desarrollo profesional, la inclusión y la innovación ya no es algo agradable. Es esencial competir por los mejores talentos. (Foto: Nikola Stojadinovic/E+/Getty Images).

A medida que la acuicultura escala para satisfacer la creciente demanda mundial, hay una pregunta apremiante que todo líder de la industria debe hacerse: ¿Quién la liderará?

La industria está creciendo rápidamente tanto a nivel nacional como mundial, con nuevas tecnologías, especies y mercados que se abren a un ritmo sin precedentes. En los Estados Unidos, la acuicultura es uno de los segmentos de más rápido crecimiento, pero aún está por detrás de países como Noruega, Chile y China tanto en volumen como en desarrollo de la fuerza laboral.

En medio de toda esta oportunidad, existe un riesgo muy real e inmediato: no estamos haciendo lo suficiente para construir y retener a la próxima generación de líderes de la acuicultura. Si no actuamos ahora, la sequía de liderazgo se pondrá al día con el impulso.

En la acuicultura y en las industrias adyacentes, estamos presenciando un cambio generacional. Muchos de los profesionales más experimentados del sector están a punto de jubilarse, y el conocimiento institucional corre el riesgo de salir por la puerta.



Al mismo tiempo, industrias como la biotecnología, las ciencias ambientales y la tecnología de los alimentos están atrayendo agresivamente a jóvenes talentos que de otro modo podrían explorar la acuicultura. Estos sectores ofrecen salarios competitivos, una marca sólida y una movilidad profesional más rápida, alejando el talento antes de que la acuicultura entre en su radar.

Peor aún, la expansión global está superando nuestra cartera de liderazgo. Las empresas están creciendo, las inversiones fluyen y las innovaciones se aceleran, pero ¿quién está preparando a las personas que dirigirán, escalarán y desarrollarán estas operaciones dentro de cinco a 10 años? Sin el desarrollo intencional de los futuros líderes, corremos el riesgo de limitar la capacidad de la industria para crecer y sostenerse a largo plazo.

Atraer y retener a los profesionales emergentes en la acuicultura requiere más que ofertas de trabajo y ofertas de nivel de entrada. Los miembros de la Generación Z y los jóvenes Millennials buscan un trabajo impulsado por una misión, aprendizaje continuo, visibilidad y caminos más rápidos para tener un impacto. Quieren saber si una empresa se alinea con sus valores, si serán asesorados, si hay espacio para crecer y si la industria en sí es relevante y está enfocada en el futuro. Crear una cultura que apoye el desarrollo profesional, la inclusión y la innovación ya no es algo agradable, es esencial para competir por los mejores talentos.

Para retener verdaderamente a los líderes emergentes, los empleadores deben ir más allá de las estructuras laborales tradicionales y comenzar a construir trayectorias profesionales claras y convincentes. Esto comienza con el lanzamiento o fortalecimiento de programas internos de tutoría que conectan a profesionales experimentados con talentos emergentes.

Las empresas deben articular cómo es la progresión profesional, desde roles de nivel de entrada hasta puestos de liderazgo, y brindar oportunidades de crecimiento a través de la experiencia, la exposición y la educación. Identificar a las personas de alto potencial temprano e involucrarlas en proyectos estratégicos puede acelerar su desarrollo, y el impacto es mutuo. Estos profesionales en ascenso aportan ideas frescas, nuevas tecnologías y un nivel de fluidez digital que complementa el conocimiento tradicional de la acuicultura.

Los incentivos, más allá del salario, también juegan un papel fundamental. El propósito, la cultura, la visibilidad y la autonomía son importantes para la fuerza laboral actual. La marca y el entorno interno de una empresa deben reforzar que éste es un lugar donde las personas pueden crecer y ser reconocidas. Además, no se debe pasar por alto el espíritu empresarial.

No todos los futuros líderes seguirán una escalera corporativa. La industria de la acuicultura debe dar cabida y alentar a los creadores de empresas, innovadores, propietarios de criaderos y creadores de tecnología. Los empleadores, los programas académicos y las organizaciones comerciales también tienen un papel que desempeñar para ayudar a que florezca el talento empresarial.

De igual importancia es la preparación de la fuerza laboral para satisfacer las demandas de una industria moderna, habilitada por la tecnología. El futuro de la acuicultura estará marcado por la IA, el análisis de datos, el monitoreo remoto y procesos de precisión. Sin embargo, existe una brecha creciente entre las habilidades que se enseñan y las que realmente se necesitan en las operaciones acuícolas de hoy y de mañana. Se necesita mejorar las habilidades en todos los niveles, desde los básicos en la granja hasta los

niveles más altos donde se desempeñan ejecutivos y directivos.

La capacitación debe incluir tecnologías emergentes, herramientas digitales, pensamiento estratégico y colaboración entre disciplinas, incluidas la biología, la tecnología y los negocios. Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) el desarrollo y la capacitación de la fuerza laboral siguen siendo cuellos de botella clave para el avance de la acuicultura en los Estados Unidos. Si no se modernizan las estrategias de capacitación, se tendrán dificultades para escalar de manera sostenible.

Los mismos principios que guían la acuicultura exitosa se aplican a la formación de grandes líderes. Debemos tener una estrategia a largo plazo. El desarrollo del liderazgo no puede comenzar solo cuando

hay una vacante. El entrenamiento, la retroalimentación y la tutoría continuos deben integrarse en el ritmo diario de la cultura del equipo, sobre todo, crear el entorno adecuado, una cultura que permita a las personas experimentar, evolucionar y prosperar.

Ya sea que esté dirigiendo una granja, administrando un laboratorio de cría o liderando una empresa global, es hora de tratar el desarrollo del talento como una misión crítica. El futuro de la acuicultura será construido por las personas en las que invertimos hoy. Si queremos escalar la industria y satisfacer la demanda nacional y mundial, debemos hacer crecer a los líderes con el mismo cuidado e intención que ponemos en el cultivo de especies acuícolas.

<https://www.aquaculturenorthamerica.com/fishpros-network-who-is-leading-aquacultures-tomorrow>

**Prilabsa**

Soluciones nutricionales de alta calidad, desde 1992.

[www.prlabsa.com](http://www.prlabsa.com) | f in @

Logos de socios: AQUACULTURE NORTH AMERICA, ZEIGLER, KEETON, AQUAFARM, THOSCO, LINEA DE CONGELADOS, DHARU, VEE GEE, Aeri-Tube, PROBIT, VAN GUARD, OxyGuard, BASF, AQUALABO, OAKION, DSM, GAST, HORIBA, LaMotte, PACER, Intermac, API, NIEC, W&ZVIL, G-Metrix.

ESCANÉAME

# EL PAPEL POCO RECONOCIDO DE LAS DIETAS INICIALES PARA EL ÉXITO EN EL CULTIVO DE CAMARONES

Alberto J.P. Nunes

LABOMAR, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Brasil  
alberto.nunes@ufc.br

Las dietas iniciales, también conocidas como dietas de viveros, se utilizan en las primeras semanas de crecimiento de los camarones, comenzando cuando las postlarvas (PL) llegan a la granja y continuando durante los primeros 21 a 30 días de cultivo. Esta fase consiste en una etapa de transición para el camarón, entre la larvicultura y el engorde en la granja. Normalmente, los productores adquieren camarones en la etapa PL9-12 (postlarvas de 9 a 12 días de edad) cuando los animales tienen un peso promedio de solo 2 a 5 mg.

La precría es uno de los períodos más estresantes para los camarones, ya que se enfrentan a cambios significativos en el entorno de cultivo y la nutrición. Este artículo tiene como objetivo explorar la importancia de las dietas de inicio, centrándose en los rasgos que influyen en el rendimiento zootécnico de los camarones durante la etapa de cría.

## Postlarvas y Estanques

Las postlarvas generalmente se transportan desde las larviculturas a las granjas en bolsas de plástico o tanques, por tierra, en condiciones de alta densidad (**Figura 1**). El agua utilizada en el transporte está saturada con oxígeno disuelto y enriquecida con quistes de *Artemia* o dietas larvarias para viajes largos.

A su llegada a la granja, las PL deben pasar por un proceso de aclimatación, especialmente si hay diferencias de temperatura, salinidad o pH entre el agua de transporte y el de la granja. Durante este proceso, las PL se someten a un manejo extensivo, siendo capturadas para su conteo y empaque en la larvicultura, así como para su transferencia, aclimatación y siembra en la granja.

En la granja, se comienza con la siembra de PL directamente en el estanque de engorde en sistemas semi-intensivos o intensivos. Si bien el cultivo monofásico (de un solo paso) sigue siendo el más común, el cultivo bifásico o de





**Figura 1.** (A) Transporte de postlarvas para el cruce del río São Francisco, en bolsas plásticas dentro de cajas de cartón forradas internamente con espuma de poliestireno. (B) Tanques de transporte de PL.

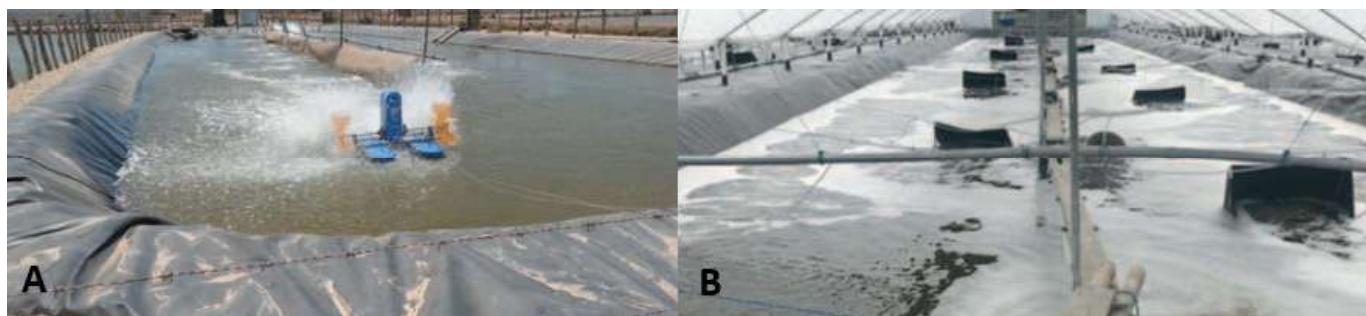
dos pasos está evolucionando rápidamente y se está extendiendo a las granjas de América Latina y Asia. Este método consiste en utilizar pequeños estanques (de tierra o revestidos) o tanques, integrados o no con los estanques de engorde. Independientemente de la estructura, en los sistemas de estanques se adoptan altas densidades de población.

En estanques de menos de 1 ha, los camarones se pueden sembrar a densidades de 100 a 500 PL/m<sup>2</sup> con o sin aireación mecánica, siendo criados durante 2 a 4 semanas hasta que alcancen aproximadamente 1 g de peso corporal (**Figura 2A**). Los tanques de precría son, por lo general, circulares y elevados, de 50 a 200 m<sup>3</sup>, rectangulares revestidos de plástico o raceways, de 300 a 7.500 m<sup>3</sup>, que pueden ubicarse en invernaderos de plástico (**Figura 2B**). En estos sistemas, la siembra se produce a densidades de 500 a 5.000 PL/m<sup>3</sup>, y los camarones se cosechan con un peso entre 300 mg y 3 g, con una biomasa final cercana a 1 kg/m<sup>3</sup>. En estos sistemas, se aplica una fuerte aireación de fondo.

La adopción de un sistema de cultivo de dos etapas, sin duda, agrega complejidad a la operación de una granja de camarones, lo que requiere mano de obra capacitada e inversión en equipos, como aireación, generadores e infraestructura. Los sistemas de precría compactos, ya sea

en estanques o tanques, operan en condiciones intensivas para acomodar grandes poblaciones de camarones, que eventualmente serán reubicadas en áreas de producción más grandes. Si no son manejados adecuadamente por personal experimentado, estos sistemas presentan riesgos productivos, incluyendo cortes de energía, brotes de enfermedades, acumulación de materia orgánica, floraciones de algas indeseables y mortalidad o estrés de los camarones durante el traslado a los estanques de engorde.

A pesar de estos desafíos, los sistemas de precría ofrecen varias ventajas: (1) funcionan como un área de aclimatación gradual para que los camarones se adapten a las condiciones ambientales de la granja; (2) simplifican la gestión del inventario de PL y la evaluación de la calidad; (3) reducen la exposición de camarones jóvenes a posibles patógenos y depredadores; (4) permiten la detección temprana de problemas y enfermedades, permitiendo la implementación de medidas preventivas o correctivas de manera oportuna; (5) apoyan la implementación de programas nutricionales y dietéticos agresivos para las PL; (6) ayudan a estandarizar las características zootécnicas del camarón antes del engorde; (7) reducen la incidencia de estanques de engorde con



**Figura 2.** (A) Vivero de precría. (B) Sistema raceway utilizado para la fase inicial del cultivo de camarones en granjas.

tasas de sobrevivencia históricamente bajas; (8) permiten que las granjas creen reservas de PL<sub>1</sub> y; (9) contribuyen a una previsión más fiable de la producción de engorde en estanques. Finalmente, las áreas de cultivo más compactas en la etapa inicial reducen el desperdicio de alimento y maximizan el consumo de alimento para camarones.

## Tamaños de partícula de alimentación

Las dietas de inicio suelen estar disponibles en dos formas, granulado o microextruidas, y se comercializan en dos o tres rangos de tamaño, siendo los más comunes desde 450

- 600 hasta 850 - 1.200 micras de diámetro (**Tabla 1**). Por razones de costo, las dietas granuladas (**Figura 3**) dominan el mercado sobre las dietas microextruidas.

Las dietas iniciadoras microextruidas ofrecen un tamaño de partícula constante y no contienen finos, tienen buena estabilidad física, lo que ayuda a reducir el desperdicio de alimento y mejora la calidad del agua. Por el contrario, las dietas granuladas contienen una gama más amplia de tamaños de partícula dentro de cada categoría comercializada y pueden incluir finos de menos de 250 micras si no se seleccionan, eliminan y reciclan adecuadamente durante la fabricación.



**Figura 3.** Dietas granuladas para la fase de cría de camarones comercializados en Brasil.

Dieta	Tamaño	% Retenido/Tamaño de partícula (micras/# Malla Tyler)						
		1000/16	850/20	600/28	425/35	300/48	250/60	< 250
A	A.1	—	—	—	85,6	13,8	0,65	—
	A.2	—	—	50,0	50,0	—	—	—
	A.3	6,4	17,1	55,7	17,9	1,9	0,7	0,4
B	B.1	—	—	14,7	79,5	5,5	0,2	—
	B.2	—	0,1	89,4	10,6	—	—	—
C	C.1	—	—	12,2	76,7	7,3	1,8	2,0
	C.2	—	13,5	71,0	13,4	0,9	0,9	0,3
	C.3	20,2	42,3	29,2	3,2	1,0	1,3	2,8
D	D.1	—	—	1,0	32,9	22,6	19,0	24,6
	D.2	—	0,4	40,3	52,0	7,2	0,2	—
E	E.1	—	—	0,43	34,39	38,86	26,33	—
	E.2	—	0,2	27,4	58,5	13,0	0,9	—

**Tabla 1.** Distribución del tamaño de partícula de cinco dietas iniciadoras comerciales para camarones marinos. Los valores indican el porcentaje retenido en cada tamiz.

Esta variación en el tamaño de partícula puede ser beneficiosa para las primeras etapas de los camarones, especialmente para lotes de PL con mayor variabilidad del peso corporal, un rasgo frecuente pero altamente indeseable en las PL de camarones. Alimentar PLs con partículas de alimento que no pueden ser capturadas de manera eficiente por los camarones puede afectar negativamente el crecimiento, la tasa de conversión alimenticia (TCA) y la uniformidad de la población (**Figura 4**).

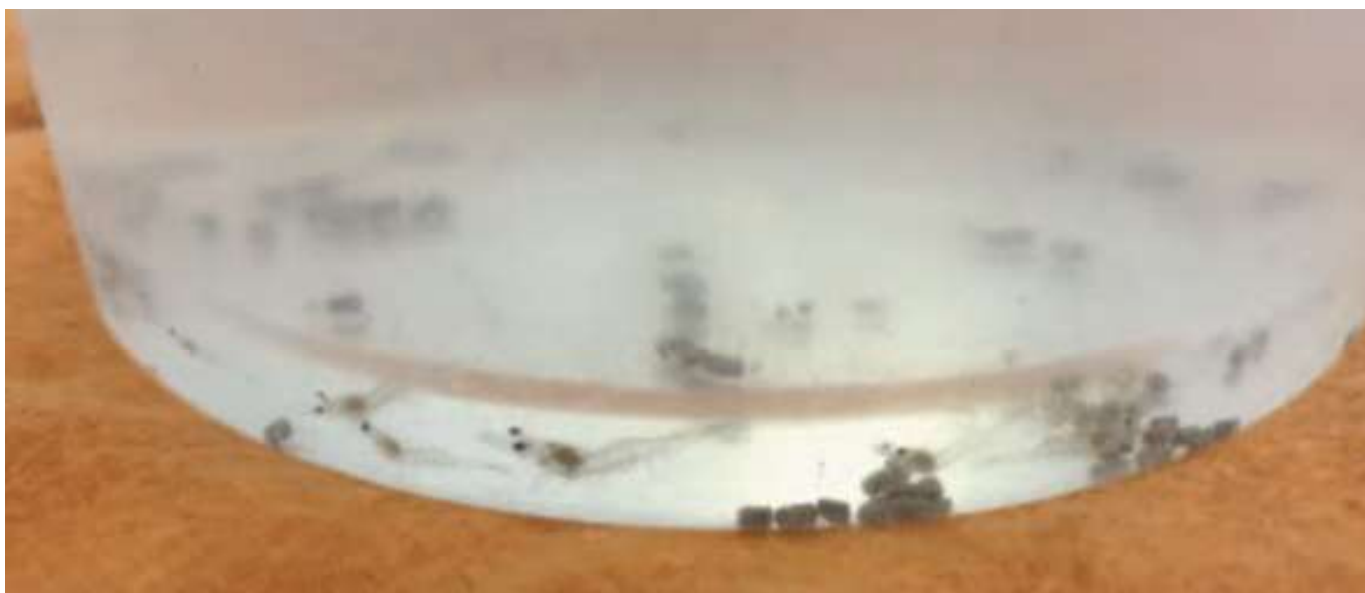
El momento adecuado de la transición de un tamaño de partícula a otro, así como de las dietas iniciales a las raciones de engorde, es crucial y merece una mayor inversión en costos, y los quistes de *Artemia* se consideran más rentables. A medida que los camarones crecen, aumenta su capacidad para capturar

partículas más grandes. Por ejemplo, una población con un peso corporal promedio constante de 1 gramo ya puede manejar pellets de más de 1,2 mm, lo que reduce la necesidad de prolongar el uso de dietas iniciales y, en consecuencia, reduce los costos generales de alimentación.

## Nutrición

A su llegada a la granja, los camarones deben adaptarse a dietas iniciales que se asemejan más a las raciones de engorde que a las dietas larvarias en términos de composición de ingredientes y enfoque de formulación de menor costo. Las dietas para larvas están diseñadas con altos niveles de nutrientes esenciales derivados de materias primas de primera calidad, priorizando la calidad de los ingredientes sobre el costo, y los quistes de





**Figura 4.** Para determinar el tamaño de partícula adecuada, se deben alimentar los camarones y observar la capacidad de captura de los pellets.

*Artemia* a menudo sirven como referencia de precio.

Las dietas de larvicultura suelen contener entre un 45 y un 60 % de proteína bruta (PB) y más de un 10 % de grasa, mientras que las dietas iniciales contienen entre un 40 y un 45 % de PB y menos de un 10 % de grasa (**Figura 5**). Si bien las dietas de inicio y crecimiento para camarones se comercializan comúnmente en función de los niveles de PB y grasa, estos números son nutricionalmente irrelevantes si no se consideran la concentración y la biodisponibilidad de nutrientes clave, como aminoácidos, ácidos grasos, colesterol y fosfolípidos. Estas dietas requieren ingredientes nobles, preferiblemente de origen marino, como harina y aceite de pescado, harina de calamar y harina de krill, con el fin de aportar altos niveles de aminoácidos esenciales, colesterol, fosfolípidos y ácidos grasos altamente insaturados de la serie omega-3.

El escaso conocimiento sobre los requerimientos nutricionales del camarón en las primeras etapas refuerza la creencia de que las dietas comerciales para esta

etapa no presentan diferencias significativas desde el punto de vista nutricional. Sin embargo, estudios controlados realizados en LABOMAR-UFC, en Ceará, Brasil, han demostrado lo contrario. Por ejemplo, las PL alimentadas con diferentes dietas comerciales mostraron variación en el peso corporal final, lo que sugiere diferencias en los niveles de nutrientes y la biodisponibilidad entre las dietas (**Figura 6**). Si bien las dietas iniciales pueden costar hasta tres veces más que el alimento, representan menos del 10 por ciento de los costos totales de alimentación, y cuanto más grandes son los camarones en la cosecha, más diluidos se vuelven esos costos. Debido a que se trata de un volumen pequeño en la ingesta total de alimento, las diferencias de calidad y rendimiento entre las dietas iniciales a menudo terminan descuidándose.

También existe la idea de que el alimento natural disponible en el estanque durante el primer mes de cultivo es suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales de los camarones, con el argumento de que las dietas iniciales sirven solo como fertilizantes costosos. También hay otros que prefieren



**Figura 5.** Dieta inicial producida en LABOMAR/UFC que contiene 35% de harina de krill.

moler las raciones de engorde en la granja como sustituto de las dietas de inicio.

Una de las razones de estas opiniones es que, en grandes áreas de cultivo, la determinación del rendimiento del camarón durante el primer mes de cultivo es subjetiva y no concluyente. Esto generalmente se hace capturando camarones con una atarraya en dos o tres áreas del estanque y pesándolos en lotes para calcular su peso corporal promedio.

Dependiendo del área del estanque, algunos pueden tener más de 1 millón de camarones sembrados, por lo que correlacionar el peso corporal de algunos ejemplares con el rendimiento de la dieta no es completamente preciso, especialmente si hay ocurrencia de enfermedades, mortalidad y/o un alto coeficiente de variación en el peso corporal de la población.

En general, el rendimiento de las dietas iniciadoras en estanques de engorde se considera exitoso si los camarones alcanzan los 3 gramos o más en el primer mes de cultivo. Sin embargo, el peso corporal de

los camarones por sí solo no refleja otras variables críticas, como la sobrevivencia, la salud y la robustez. Este primer mes de cultivo es crucial, ya que los camarones están expuestos al estrés y a diversos patógenos virales y bacterianos inmediatamente después de llegar a la granja.

Por lo tanto, este período debe verse como una oportunidad para invertir en programas de alimentación agresivos con dietas que contengan altos niveles de nutrientes esenciales, complementados con aditivos alimentarios funcionales.

Se ha demostrado que varios aditivos, incluidos aceites esenciales, ácidos orgánicos, probióticos, prebióticos, oligoelementos y vitaminas, aumentan la competencia inmunológica y la resistencia de los camarones. Estos productos a menudo se agregan a los alimentos en las granjas sin la debida consideración de los niveles de inclusión, las posibles interacciones antagónicas o las implicaciones de costos. Por lo tanto, lo ideal es comprar dietas que ya contengan estos aditivos.

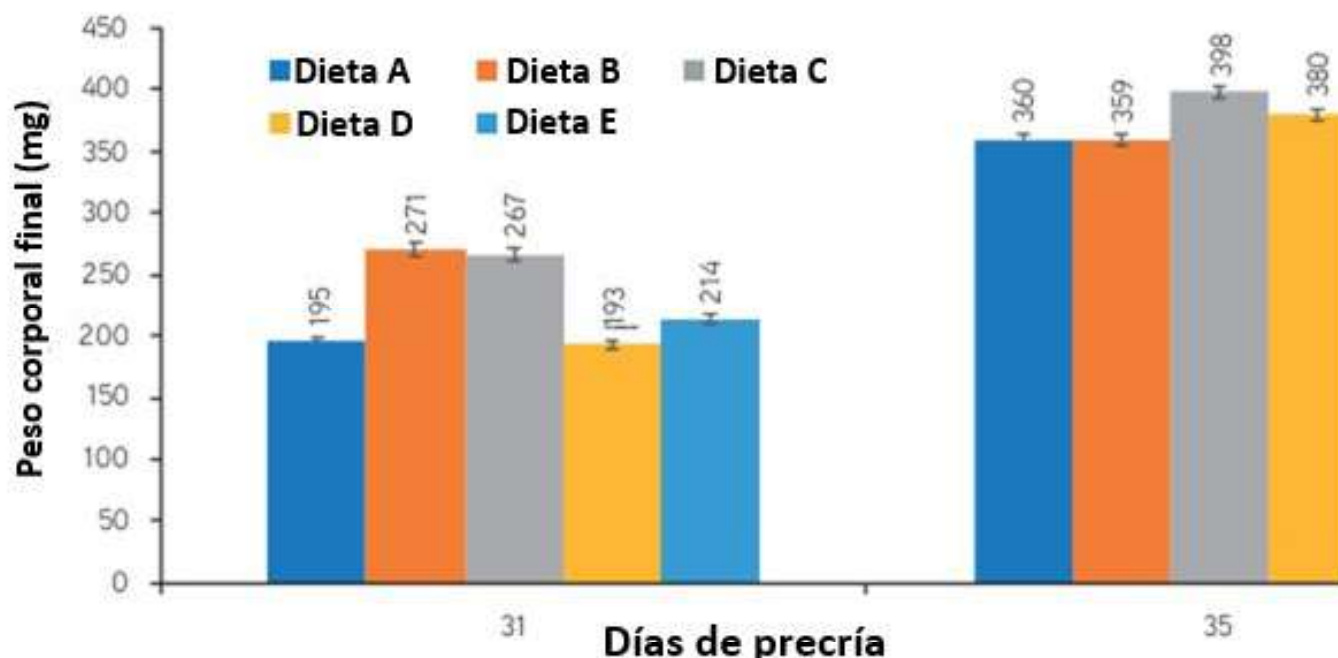


Figura 6. Peso corporal promedio ( $\pm$  error estándar; en mg) de postlarvas de *P. vannamei* sembradas a 2.7 PLs/L y cultivadas durante 31 y 35 días. Los camarones fueron alimentados con cinco dietas iniciales con diferentes formulaciones y fabricantes, respectivamente. Cada barra representa un promedio de 1,000 camarones pesados individualmente y recolectados de 10 tanques de 1.5 m<sup>3</sup>. El camarón tenía un peso corporal inicial de 3,5 mg.

En conclusión, maximizar el potencial de esta fase temprana requiere más investigación para refinar la composición nutricional de los alimentos y comprender mejor el papel de los aditivos funcionales para alimentos. Esto ayudaría a proteger los márgenes de ganancia al garantizar un rendimiento zootécnico óptimo respaldado por la velocidad de crecimiento y la salud de los camarones.

## Alimentación

Las dietas iniciales se administran en exceso y a intervalos frecuentes, con un horario de alimentación de 24 horas a intervalos de 1 hora cuando la fase de cría se lleva a cabo en áreas de pequeño volumen (**Tabla 2**). En los estanques, es común alimentar de 4 a 8 veces al día si la alimentación se realiza manualmente. En esta etapa, para maximizar el crecimiento, los camarones deben

alimentarse con la mayor frecuencia posible debido a su alta demanda metabólica.

Cuando la cría se lleva a cabo en estanques grandes, el desperdicio de alimento es inevitable, ya sea por lixiviación del alimento en el agua o porque la población de camarones está muy dispersa, lo que dificulta que los animales encuentren el alimento. Para maximizar la ingesta de alimento, los estanques más compactos en área de cultivo son más efectivos, los camarones pueden moverse y agregarse más fácilmente, lo que aumenta las posibilidades de encontrar el alimento distribuido.

La combinación de una tasa de crecimiento rápido con una estrategia eficiente de entrega de alimento debería dar como resultado una TCA de menos de 1, incluso cuando se adoptan altas proporciones de alimento y densidades de población.



Días	Estadio	Población	PLs/g	Peso corporal (g)	Biomasa (kg/m <sup>3</sup> )	Tasa de alimentación (%)	Sobrevivencia (%)
1	PL12	1.000.000	350	0,003	0,05	35,00	100
2	PL13	990.000	171	0,006	0,10	34,50	99
3	PL14	980.000	113	0,009	0,14	33,00	98
4	PL15	980.000	78	0,013	0,21	32,00	98
5	PL16	970.000	59	0,017	0,27	31,00	97
6	PL17	970.000	46	0,022	0,35	26,00	97
7	PL18	960.000	36	0,028	0,45	25,00	96
8	PL19	960.000	29	0,035	0,56	24,00	96
9	PL20	950.000	23	0,043	0,68	23,00	95
10	PL21	940.000	19	0,052	0,81	22,00	94
11	PL22	937.333	16	0,062	0,17	20,00	94
12	PL23	931.394	14	0,073	0,19	18,00	93
13	PL24	925.455	12	0,086	0,23	17,00	93
14	PL25	919.515	10	0,101	0,26	16,00	92
15	PL26	913.576	8	0,118	0,31	13,00	91
16	PL27	907.636	7	0,137	0,35	12,00	91
17	PL28	901.697	6	0,158	0,41	11,50	90
18	PL29	895.758	5	0,182	0,47	11,00	90
19	PL30	889.818	5	0,207	0,53	10,50	89
20	PL31	883.879	4	0,232	0,59	10,00	88
21	PL32	877.939	4	0,259	0,65	10,00	88
22	PL33	872.000	3	0,286	0,71	9,50	87
23	PL34	866.061	3	0,314	0,78	9,00	87
24	PL35	860.121	3	0,342	0,84	8,50	86
25	PL36	854.182	3	0,372	0,91	8,00	85
26	PL37	848.242	2	0,402	0,97	7,50	85
27	PL38	842.303	2	0,434	1,04	7,00	84
28	PL39	836.364	2	0,466	1,11	6,80	84
29	PL40	830.424	2	0,500	1,19	6,50	83
30	Juvenil	830.000	—	0,534	1,27	6,30	83
31	Juvenil	830.000	—	0,57	1,35	6,10	83
32	Juvenil	820.000	—	0,608	1,42	5,90	82
33	Juvenil	820.000	—	0,648	1,52	5,70	82
34	Juvenil	820.000	—	0,688	1,61	5,50	82
35	Juvenil	810.000	—	0,730	1,69	5,30	81
36	Juvenil	810.000	—	0,772	1,79	5,10	81
37	Juvenil	810.000	—	0,817	1,89	4,90	81
38	Juvenil	800.000	—	0,862	1,97	4,70	80
39	Juvenil	800.000	—	0,909	2,08	4,50	80
40	Juvenil	800.000	—	0,959	2,19	4,30	80
41	Juvenil	800.000	—	1,009	2,31	4,00	80
42	Juvenil	790.000	—	1,061	2,39	4,00	79
43	Juvenil	790.000	—	1,113	2,51	3,90	79
44	Juvenil	790.000	—	1,167	2,63	3,90	79
45	Juvenil	780.000	—	1,221	2,72	3,80	78
46	Juvenil	780.000	—	1,277	2,85	3,80	78
47	Juvenil	780.000	—	1,333	2,97	3,70	78
48	Juvenil	770.000	—	1,391	3,06	3,70	77
49	Juvenil	770.000	—	1,449	3,19	3,60	77
50	Juvenil	770.000	—	1,509	3,32	3,60	77
51	Juvenil	760.000	—	1,569	3,41	3,50	76
52	Juvenil	760.000	—	1,631	3,54	3,50	76
53	Juvenil	760.000	—	1,693	3,68	3,40	76
54	Juvenil	750.000	—	1,757	3,76	3,40	75
55	Juvenil	750.000	—	1,821	3,90	3,30	75
56	Juvenil	750.000	—	1,887	4,04	3,30	75
57	Juvenil	740.000	—	1,953	4,13	3,20	74
58	Juvenil	740.000	—	2,021	4,27	3,20	74

**Tabla 2.** Tabla de alimentación para la etapa de vivero adoptada en las instalaciones de investigación acuícola de LABOMAR/UFC. Se recomienda no superar una biomasa de 1 kg/m<sup>3</sup>.

## Investigación en LABOMAR

LABOMAR cuenta con un sistema de cultivo experimental especializado para realizar pruebas nutricionales enfocadas en camarones desde PL10 hasta juveniles de 1 gramo de peso corporal. El sistema consta de 50 tanques circulares, cada uno con una capacidad de 1,5 m<sup>3</sup>, que funcionan bajo un área sombreada con un cambio mínimo de agua.

Cada tipo de alimento se prueba en diez tanques replicados, y el agua se fertiliza para mantener una coloración marrón consistente con el agua de cultivo en condiciones comerciales. Alternativamente, el laboratorio también cuenta con un sistema con 10 recintos rectangulares de 6 m<sup>2</sup> (3 x 2 x 1,5 m), además de cinco viveros de 23 m<sup>3</sup> (**Figura 7**).

Las dietas de inicio se administran

diariamente, incluidos los domingos, utilizando un alimentador automático diseñado y ensamblado en LABOMAR/UFC. El alimentador está programado para dispensar el alimento 20 veces durante un periodo de 24 horas. Las PLs se siembran inicialmente a una densidad de 2.000 a 2.500 PLs/m<sup>3</sup>. El recuento se realiza mediante un dispositivo inteligente portátil, seguido de la determinación de la biomasa. Se elimina el exceso de agua y la población total del tanque se pesa con una báscula electrónica con una resolución de 0,01 gramos.

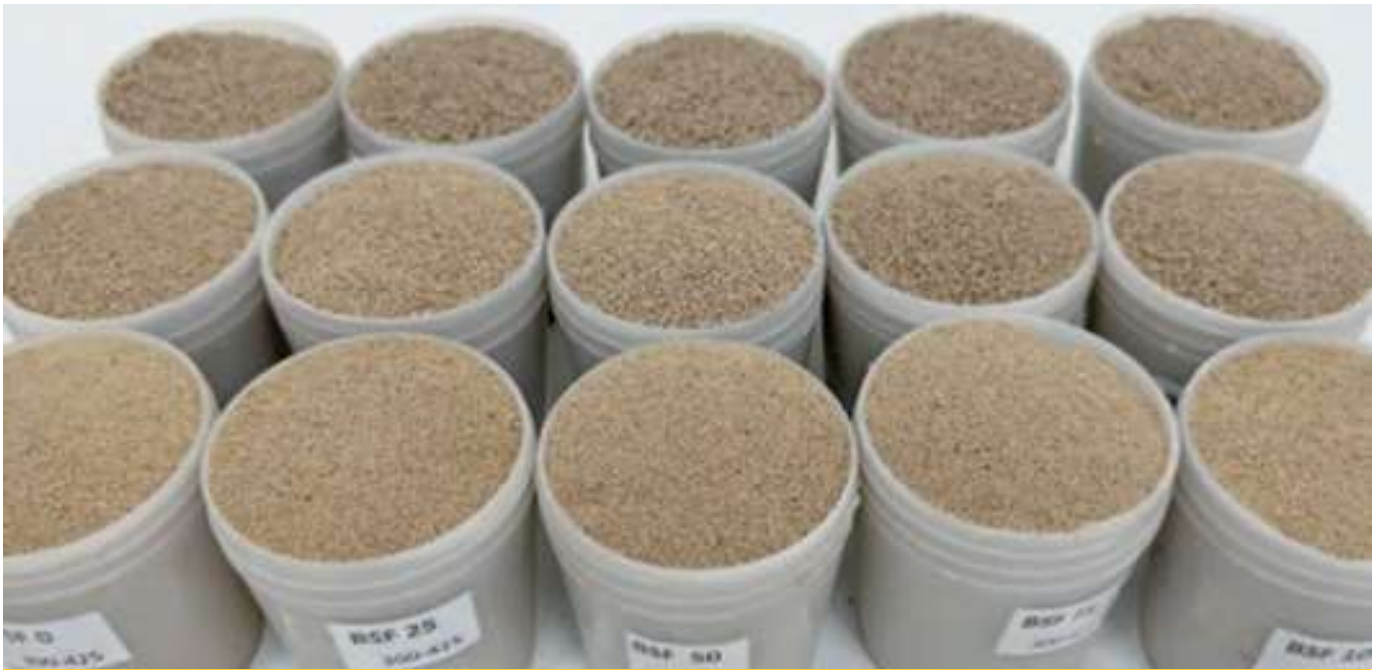
El peso corporal del camarón se evalúa semanalmente tomando muestras de 50 a 100 camarones por tanque, pesándolos en muestras compuestas por 10 animales cada una, después de secarlos suavemente.

Las dietas para las pruebas pueden ser proporcionadas por la parte contratante o formuladas y producidas en las instalaciones experimentales de fabricación de alimentos



**Figura 7.** Sistemas experimentales de cultivo de LABOMAR/UFC para la evaluación de dietas iniciales para camarón.





**Figura 8.** Dietas iniciales producidas en las instalaciones de LABOMAR/UFC.

balanceados de LABOMAR. Las dietas de inicio se fabrican con cinco tamaños de partícula, que van desde menos de 250 a 850 micras. Las pruebas de cría duran seis semanas, durante las cuales los camarones pueden alcanzar más de 0,8 gramos de peso corporal, dependiendo de la densidad de población y la composición de la dieta. Se miden los parámetros de rendimiento zootécnico del camarón para cada tanque, incluyendo la sobrevivencia final, el crecimiento, el peso corporal final, la productividad y la TCA.

## Conclusión

Las dietas de inicio juegan un papel crucial, aunque a menudo infravalorado, en el cultivo de camarones, proporcionando un apoyo esencial durante la desafiante fase de cría. A pesar de su importancia, estas dietas reciben poca atención e inversión. La comprensión de los requerimientos nutricionales de los camarones durante las primeras etapas es aún insuficiente, lo que refuerza los conceptos erróneos de que las dietas de destete se formulan más allá de

las necesidades nutricionales reales de los camarones.

Además, las estrategias de alimentación y las formulaciones comerciales requieren un mayor refinamiento para aumentar la eficiencia y reducir los costos. Invertir en investigación aplicada es clave para mejorar el rendimiento de las dietas iniciales, optimizar las prácticas de alimentación y garantizar poblaciones de camarones más saludables y resistentes, lo que en última instancia contribuye a una cría de camarones más predecible y rentable.

Puede acceder al artículo original en la revista de la *Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, 2025, AÑO XXVII, N.º 1, Pág.: 33-38 o a través del siguiente enlace:

[https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2025/04/ABCC\\_abril\\_Revista\\_2025\\_WEB.pdf](https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2025/04/ABCC_abril_Revista_2025_WEB.pdf)



**Más de 60 años construyendo  
progreso: La presencia de FEBECA  
impulsa la acuicultura venezolana**



**Unión que fortalece:**

**Renovamos nuestra alianza por el futuro de  
la acuicultura y la producción nacional**



**Más de 60 años en el  
mercado venezolano**

# EL SÍNDROME DE LAS HECES BLANCAS EN CAMARONES: UNA AMENAZA FLOTANTE EN LA ACUICULTURA

Dr. Edison Pascal

Investigador del Centro de Biomedicina Molecular, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

## RESUMEN

El Síndrome de las Heces Blancas (WFS) es una enfermedad emergente y devastadora en la camaricultura global, cuyo agente causal primario es el microsporidio *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP). Este parásito infesta y destruye específicamente las células del hepatopáncreas, órgano vital para la digestión y absorción de nutrientes en los camarones. La disfunción de este órgano provoca los signos característicos de la enfermedad: heces blancas flotantes, retraso extremo del crecimiento y alta heterogeneidad en la población. El impacto económico principal no es solo la mortalidad directa, sino el severo retraso en el desarrollo que hace inviable económicamente la cosecha. Dada la naturaleza intracelular del patógeno y la ausencia de tratamientos curativos efectivos, el control del WFS depende exclusivamente de la implementación rigurosa de protocolos de bioseguridad. Esto incluye la utilización de post-larvas certificadas libres de EHP, la gestión adecuada del agua y los sedimentos, y el diagnóstico molecular

temprano. La prevención se consolida como la única estrategia sostenible para mitigar las cuantiosas pérdidas asociadas a esta amenaza.

Palabras clave: Síndrome de Heces Blancas, *Enterocytozoon hepatopenaei*, Acuicultura, Camarón, Hepatopáncreas.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura, y en particular el cultivo de camarón, se consolida como una de las industrias de producción de proteína animal de más rápido crecimiento a nivel global, desempeñando un papel crucial en la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de numerosas regiones costeras (FAO, 2022). Sin embargo, este dinamismo se ve constantemente amenazado por la emergencia de enfermedades infecciosas que pueden diezmar las cosechas en cuestión de días. Entre estas patologías, el Síndrome de las Heces Blancas (White Feces Syndrome - WFS) ha surgido en la última década como uno de los desafíos sanitarios y económicos más significativos para productores de *Penaeus vannamei* en

países como China, India, Tailandia, Vietnam y varias naciones de América Latina (Tang *et al.*, 2020).

A simple vista, el WFS se delata por la presencia de heces pálidas, largas y filamentosas que flotan en la superficie de los estanques, un signo clínico inconfundible que da nombre a la enfermedad. Pero este fenómeno visible es solo la punta del iceberg de un problema mucho más profundo. Estas heces anómalas son el resultado de una severa disfunción del hepatopáncreas, un órgano vital para el camarón, responsable de la digestión, absorción de nutrientes y almacenamiento de energía. Cuando este órgano falla, el crecimiento se detiene y la mortalidad aumenta (Salachan *et al.*, 2017).

Durante años, la etiología del WFS fue objeto de debate científico, atribuyéndose a una compleja interacción de bacterias, hongos y condiciones ambientales adversas. No fue sino hasta avances recientes en técnicas de diagnóstico molecular que se pudo identificar a un patógeno específico como el principal responsable: el microsporidio *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) (Tourtip *et al.*, 2009). Este parásito intracelular infesta y destruye las células del hepatopáncreas, desencadenando una cascada de eventos que culminan en los signos característicos del síndrome. Comprender esta relación patógeno-hospedero es el primer paso para desarrollar estrategias de manejo efectivas.

Este artículo tiene como objetivo analizar el Síndrome de las Heces Blancas, explorando desde los signos clínicos más evidentes hasta el impacto silencioso en el metabolismo del camarón, analizando el papel central de EHP y esbozando las principales estrategias de bioseguridad que la industria está implementando para contrarrestar esta "amenaza flotante".

## METODOLOGÍA

Este artículo se elaboró mediante una revisión y análisis documental sistemática de la literatura científica disponible sobre el Síndrome de las Heces Blancas (WFS) en camarones. El objetivo de esta metodología fue recopilar, evaluar y sintetizar la evidencia más relevante y actualizada para ofrecer una visión integral y precisa de la enfermedad. El proceso se llevó a cabo en tres fases principales:

### Fase 1: Estrategia de Búsqueda y Recopilación de Literatura

Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas y repositorios académicos de alto impacto, incluyendo Google Scholar, Scopus, Web of Science y PubMed. La búsqueda se centró en artículos publicados principalmente entre 2009 (año de la identificación formal de *Enterocytozoon hepatopenaei*) y la actualidad.

Los términos de búsqueda (keywords) utilizados, solos y en combinación, fueron: "White Feces Syndrome" WFS, "*Enterocytozoon hepatopenaei*" EHP, "Shrimp white feces", "Hepatopancreatic microsporidiosis", "*Penaeus vannamei* disease", "Shrimp aquaculture pathogen".

El criterio de selección de documentos priorizó:

Artículos de investigación originales publicados en revistas indexadas y revisadas por pares, Artículos de revisión que ofrecieran síntesis del estado del conocimiento, Informes técnicos de instituciones reconocidas (FAO, WOA). Se descartó la literatura gris no avalada institucionalmente y los artículos sin un claro proceso de revisión por pares para garantizar la fiabilidad de la información.



## Fase 2: Análisis Crítico y Síntesis de la Información

Una vez recopilada la bibliografía, se procedió a un análisis de contenido cualitativo. Cada documento fue examinado para extraer información clave sobre:

- **Etiología:** Identificación y caracterización de los patógenos involucrados.
- **Patogenia:** Mecanismos de infección y daño a nivel celular y orgánico (especialmente en el hepatopáncreas).
- **Epidemiología:** Formas de transmisión, factores de riesgo ambientales y distribución geográfica.
- **Signos Clínicos y Diagnóstico:** Descripción de las manifestaciones de la enfermedad y las técnicas de detección disponibles.
- **Impacto Económico:** Datos sobre mortalidad, retraso del crecimiento y pérdidas productivas.
- **Estrategias de Manejo y Control:** Medidas de bioseguridad, prácticas de cultivo y tratamientos propuestos.

La información fue contrastada y cruzada entre múltiples fuentes para identificar consensos científicos, puntos de controversia y vacíos en el conocimiento, construyendo así una narrativa coherente y fundamentada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sección anterior delineó el marco metodológico que sustenta este análisis. Ahora, nos adentramos en el núcleo de la cuestión: la presentación y el análisis crítico de la evidencia científica recopilada sobre el Síndrome de las Heces Blancas (WFS). Esta sección tiene como objetivo sintetizar el conocimiento actual, yendo más allá de la mera descripción de los síntomas para

construir una comprensión integral de la enfermedad. Discutiremos la naturaleza del patógeno, su intrincada relación con el hospedero, la cascada de eventos que desencadena en el organismo del camarón y las consecuencias que se extrapolan desde las células hepatopancreáticas hasta la economía completa de una granja camaronera.

El WFS no es una simple afección digestiva; es una condición compleja donde un patógeno altamente específico, *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP), actúa como la llave que abre la puerta a un colapso sistémico. Comprender esta dinámica es fundamental, ya que la falta de un tratamiento curativo efectivo convierte al conocimiento en la principal herramienta de defensa. A través de los siguientes apartados, desglosaremos cada elemento de esta enfermedad, conectando los puntos entre la infección microscópica, los signos clínicos macroscópicos y las estrategias de manejo que la industria debe implementar para mitigar su impacto. La siguiente discusión no solo resume lo que se sabe, sino que también destaca la lógica biológica detrás de las recomendaciones de bioseguridad, posicionándolas no como meros protocolos, sino como medidas esenciales basadas en la fisiopatología de la enfermedad.

### El Patógeno Involucrado: El Microsporidio EHP

La evidencia abrumadora señala al microsporidio *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) como el patógeno indispensable para el desarrollo del WFS. EHP es un parásito intracelular obligado que pertenece al filo Microsporidia (Tourtip *et al.*, 2009). Su característica principal es la de infestar específicamente las células epiteliales del túbulo del hepatopáncreas del camarón.

Durante años, se culpó a bacterias del filo Firmicutes o a combinaciones de patógenos.

Sin embargo, la aplicación de técnicas de diagnóstico molecular (como la PCR) permitió establecer una correlación directa y consistente entre la alta carga de EHP y la manifestación clínica del WFS (Tang *et al.*, 2020). Como microsporidio, EHP carece de mitocondrias y depende completamente de la célula huésped para obtener energía, explicando por qué su replicación masiva dentro de las células del hepatopáncreas conduce a su disfunción y eventual muerte celular. Es crucial entender que, si bien otros factores (como bacterias oportunistas) pueden exacerbar la enfermedad, la infección por EHP es el desencadenante primario.

### Signos Clínicos: De lo Visible a lo Oculto

Los signos del WFS son progresivos y se manifiestan a distintos niveles. A Nivel de piscina o estanque: La señal de alarma más

temprana es la aparición de heces blancas o pálidas flotando en la superficie del agua, a menudo agrupadas en los comederos o en las orillas del estanque (Salachan *et al.*, 2017). A Nivel Individual podemos observar el hepatopáncreas anormal, mediante disección de un camarón enfermo, el órgano se observa de color blanco, amarillo o marrón pálido, en lugar del marrón oscuro y firme característico de un camarón sano. La textura se vuelve blanda y acuosa.

Tracto digestivo vacío o con contenido blanco: El intestino medio, que normalmente contiene alimento digerido, aparece vacío o lleno del mismo material blanquecino que se observa flotando (**Figura 1**).

Letargo y mala respuesta al alimento: Los camarones afectados nadan lentamente, se congregan en la periferia del estanque y



**Figura 1.** *Penaeus vannamei* (camarón blanco del Pacífico) afectado por el Síndrome de las Heces Blancas (WFS). Fuente: Aranguren *et al.*, 2019.

muestran una pobre ingesta de alimento.

Estos signos no son más que la consecuencia externa del daño interno. Las heces blancas están compuestas principalmente por células descamadas del hepatopáncreas necrótico, mucus y esporas de EHP, lo que explica su baja densidad y su flotabilidad (Tangprasittipap *et al.*, 2020). La palidez y atrofia del hepatopáncreas son el resultado directo de la destrucción celular masiva causada por la replicación del parásito.

### **Órganos Afectados y Fisiopatología**

El órgano blanco principal y más críticamente afectado es el hepatopáncreas (HP). Este órgano realiza las funciones equivalentes al hígado, páncreas e intestino delgado en los vertebrados. La infección por EHP causa:

**Atrofia y Necrosis:** Destrucción progresiva de los túbulos hepatopancreáticos.

**Alteración de la Síntesis de Enzimas Digestivas:** El HP no puede producir suficientes enzimas para digerir los lípidos y proteínas del alimento.

**Absorción Deficiente de Nutrientes:** Las células dañadas no pueden absorber los nutrientes digeridos.

La disfunción del hepatopáncreas es el núcleo de toda la patología. Al no digerirse ni absorberse los nutrientes, el camarón entra en un estado de inanición a pesar de estar comiendo. Esto explica el síndrome de retraso del crecimiento severo (heterogeneidad), que es el impacto económico más devastador del WFS (Hou *et al.*, 2018). El camarón dirige toda su energía hacia la supervivencia y el sistema inmunológico, deteniendo prácticamente su crecimiento. El daño es tan severo que, incluso si el camarón sobrevive, la recuperación funcional del hepatopáncreas es limitada.

### **Manejo de Animales Enfermos y Medidas Profilácticas**

Actualmente, no existe un tratamiento químico o farmacológico comercialmente disponible y efectivo para curar la infestación por EHP. La naturaleza intracelular del parásito y las regulaciones sobre residuos en alimentos hacen extremadamente difícil desarrollar una terapia (OIE, 2021). Por lo tanto, el manejo se centra en el control y la prevención.

Dada la falta de tratamiento, la estrategia se basa en un enfoque integral de bioseguridad:

#### **Prevención de la Entrada del Patógeno**

**Adquisición de post-larvas libres de EHP:** Es fundamental obtener semilla de hatcheries certificados como libres de EHP mediante pruebas PCR (OIE, 2021).

**Filtración y Tratamiento del Agua:** El agua de entrada debe ser filtrada y tratada (con UV, ozono o cloro) para eliminar esporas del parásito.

#### **Control dentro de la piscina o estanque**

**Manejo del Sedimento:** EHP puede persistir en el lodo durante largos periodos. La remoción o secado y encalado del fondo de los estanques entre ciclos de cultivo es crucial para reducir la carga patógena.

**Control de la Bioseguridad Interna:** Evitar la contaminación cruzada entre piscinas mediante el uso de equipos dedicados y pediluvios.

**Manejo Nutricional y Ambiental:** Mantener una excelente calidad del agua (oxígeno disuelto, pH, amoníaco) y una dieta de alta calidad puede reducir el estrés y hacer a los camarones menos susceptibles.



Recomendaciones a Realizar una vez Detectada la Enfermedad:

**Recolección y Eliminación de Heces:** Recolectar manualmente las heces flotantes puede ayudar a reducir la carga oral de esporas en el agua.

**Cosecha Temprana:** Si se detecta el WFS en una fase avanzada, la decisión más económica suele ser realizar una cosecha temprana de los camarones que hayan alcanzado un tamaño comercial, para minimizar las pérdidas totales.

El Síndrome de las Heces Blancas representa un modelo de enfermedad donde la prevención a través de una bioseguridad estricta no es una opción, sino la única estrategia viable para la sustentabilidad económica de la camaricultura.

## CONCLUSIONES

El Síndrome de las Heces Blancas (WFS) se confirma como una enfermedad infecciosa de alta especificidad, cuyo agente causal primario es el microsporidio *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP). La patología se desencadena por la destrucción progresiva del hepatopáncreas, un órgano vital para la digestión y absorción de nutrientes. Este daño orgánico directo explica la manifestación de los signos clínicos característicos, siendo las heces blancas flotantes el indicador externo de una severa disfunción interna que conduce a la malabsorción y al retraso extremo del crecimiento.

El impacto económico del WFS trasciende con creces la mortalidad directa. Su consecuencia más devastadora es el síndrome de retraso del crecimiento severo, que resulta en poblaciones heterogéneas y no comerciales. Esto se traduce en ciclos de producción extendidos, mayores costos operativos y una drástica reducción

en la rentabilidad, comprometiendo la sostenibilidad económica de las operaciones camaroneras y posicionando al WFS como una de las amenazas sanitarias más significativas para la acuicultura global.

Ante la ausencia de tratamientos curativos efectivos, el manejo del WFS debe fundamentarse en un paradigma de prevención absoluta. La estrategia se centra en la implementación rigurosa de protocolos de bioseguridad, que incluyen la obtención de post-larvas certificadas libres de EHP, el manejo adecuado del agua y los sedimentos, y el diagnóstico molecular temprano. El futuro de la camaricultura frente a esta amenaza dependerá de la capacidad de integrar este conocimiento científico en prácticas de cultivo proactivas, donde la prevención no sea una opción, sino la única defensa viable.

**SVA**

**YouTube**

@sociedadvenezolanadacuicultura

**Visita nuestro canal**

**Suscríbete**

**Activa la campanita**

**SUSCRÍBETE**

# TENDENCIAS DE INNOVACIÓN EN ACUICULTURA EXPLORADAS CON MIMETISMO ECOLÓGICO

Glen Cho

Director de Tecnología - Aqua Development Ltd.



La acuicultura se está consolidando como un sector clave de la industria alimentaria actual, y la innovación mediante tecnologías ecomiméticas está atrayendo un gran interés. Estas tecnologías imitan los principios y sistemas de la naturaleza y los aplican a entornos artificiales. En acuicultura, existen numerosos intentos de aprovechar los mecanismos de los ecosistemas naturales para aumentar la eficiencia productiva y reducir el impacto ambiental. Estas innovaciones son especialmente destacadas

en productos básicos de la acuicultura, como el camarón, la tilapia y el halibut, ya que buscan ser rentables y ambientalmente sostenibles. A continuación, analizaremos las últimas tendencias en sistemas de alimentación artificial basados en el bioma y el comportamiento, técnicas de filtración basadas en la naturaleza y diseño de tanques basados en ecosistemas, analizando ejemplos y perspectivas de inversión para cada especie.

## Innovaciones en mimetismo ecológico en el cultivo de camarones: desde la alimentación artificial hasta la depuración natural

A nivel mundial, la cría de camarones es una de las industrias más rentables del mundo, pero se ha visto afectada por la degradación de la calidad del agua y las enfermedades causadas por la cría intensiva. Para abordar esto, se está adoptando activamente el mimetismo ecológico. En primer lugar, se están aplicando sistemas de optimización de la alimentación de colonias basados en IA al cultivo de camarones con resultados notables. Cámaras submarinas y sensores IoT analizan las respuestas de alimentación de los camarones y los datos de comportamiento en tiempo real, y la IA realiza una alimentación de precisión para proporcionar exactamente lo que se necesita. Esta solución de alimentación con IA reduce el desperdicio de alimento hasta en un 30 % o más, ahorrando dinero a los acuicultores y reduciendo la contaminación del agua por el alimento sobrante. Es un ejemplo de imitación de la inteligencia de enjambre de los seres vivos, ya que la IA aprende los patrones de comportamiento de enjambre de los camarones para ajustar el momento y la distribución de la alimentación para que se asemejen a los de la naturaleza. Esto mejora las tasas de crecimiento, haciendo que la inversión sea más rentable, y estas técnicas de cultivo de precisión ya se están comercializando en granjas camaroneras a gran escala (Confianza: Superior al 90 %). Sin embargo, el rendimiento de los algoritmos de IA depende de los datos, por lo que hay margen de mejora a medida que se recopilan más.

En segundo lugar, las técnicas de purificación de agua con microbios, como la tecnología de biofloc (BFT) y la acuamimesis, están ganando terreno en el cultivo de camarones. Los bioflóculos añaden una fuente de carbono al agua de cría para formar un flóculo microbiano, que permite a los microorganismos absorber nitrógeno de los restos de alimento y las heces, purificando el agua a la vez que proporcionan alimento proteico para los camarones. Estudios diversos han determinado que los bioflóculos reducen el recambio de agua hasta en un 90 %, a la vez que mejoran el crecimiento y la inmunidad de los camarones. La acuamimesis va un paso más allá e imita la cadena alimentaria natural, añadiendo una fuente de carbono (como la cascarilla de arroz) para el crecimiento del plancton (especialmente el zooplancton) que los camarones encuentran en la naturaleza en los tanques de acuicultura. Los micro ecosistemas creados estabilizan la calidad del agua al eliminar el nitrógeno dañino y proporcionan alimento vivo para los camarones, reduciendo su dependencia de la alimentación externa. De hecho, los costos de alimentación representan más de la mitad de los costos de producción acuícola, y la acuamicrobiología puede minimizar significativamente el uso y los costos de alimentación, aumentando así la rentabilidad de las granjas acuícolas. Además, mejora la calidad del agua y previene enfermedades, con informes de mejores tasas de sobrevivencia en los camarones sin el uso de antibióticos. Estas técnicas ecomiméticas de gestión del agua han sido ampliamente adoptadas recientemente por los camaronicultores del Sudeste Asiático y se están convirtiendo en el estándar para la acuicultura sostenible.

En tercer lugar, la introducción de sistemas de filtración naturales. Tradicionalmente, las granjas camaroneras recambian grandes



cantidades de agua de mar, desmejorando el entorno circundante y comprometiendo ecosistemas costeros como los manglares. Para mejorar esto, el delta del Mekong en Vietnam está probando actualmente un sistema de filtración ecológico que utiliza manglares. En lugar de eliminar las aguas residuales de la acuicultura directamente, éstas se hacen pasar a través de humedales cubiertos de manglares, donde las raíces y los microbios absorben nutrientes como nitrógeno y fósforo, creando un proceso de purificación natural. Los manglares han sido reconocidos desde hace tiempo como ingenieros de ecosistemas, contribuyendo a la captura de sedimentos y la purificación del agua, y ahora se están integrando en un sistema de acuicultura artificial. Las primeras pruebas muestran que el agua que fluye a través de las zonas de manglares ha reducido significativamente las concentraciones de nitrógeno, y el agua purificada se recicla de nuevo en la granja, creando un efecto de circuito cerrado. Un modelo en particular (el modelo TOMGOXY) está atrayendo la atención internacional porque combina el control digital con la restauración de manglares para aumentar la eficiencia de la producción camaronera y reducir la huella ambiental. "Al combinar la cría hiperintensiva de camarones con la restauración de manglares, podemos aumentar la productividad en la misma zona y, al mismo tiempo, restaurar los ecosistemas costeros", afirma un consorcio holandés-vietnamita. Este enfoque de filtración basado en la naturaleza también contribuye a una mayor concienciación comunitaria al reducir los vertidos ilegales de aguas residuales de las granjas camaroneras y mitigar la contaminación hídrica en la zona circundante.

Una granja piloto de camarones en el delta del Mekong, Vietnam, envía sus aguas residuales

a manglares para su purificación natural antes de su reutilización. Los manglares absorben nutrientes, incluido el nitrógeno, para purificar el agua.

- Gestión biomimética del agua: El biofloc imita el ecosistema microbiano del océano, proporcionando a los camarones un entorno casi natural. Esto crea un entorno que imita el plancton sano del mar y reduce los brotes de enfermedades.
- Automatización con IA e IoT: Monitoreo remoto para optimizar la temperatura, el oxígeno, el pH, entre otros. Sistemas de alimentación robóticos para una gestión continua y sin necesidad de mano de obra. Todo esto redundando en reducir la variabilidad de la producción con decisiones basadas en datos.
- Escalabilidad modular: Las unidades estandarizadas en contenedores se pueden ampliar fácilmente según sea necesario. Reducción de costos logísticos y mayor frescura con instalaciones en la ciudad. Esto se considera una solución para mejorar las ineficiencias en la cadena de suministro tradicional de camarón (cultivo en alta mar → importación congelada).

Como tal, la intersección de la IA y el mimetismo ecológico está acelerando la innovación en el cultivo de camarón para reducir costos (entre un 30 y un 50 %), aumentar la productividad y minimizar el impacto ambiental. La industria camaronera tiene un volumen de comercio internacional considerable y en crecimiento, por lo que es probable que estas innovaciones tecnológicas se conviertan en la norma global en el futuro. Por ello, muchos inversores se están centrando en startups y nuevas tecnologías en este sector.



## Tendencias tecnológicas sostenibles en la acuicultura de tilapia: integración de ecosistemas y gestión inteligente

La tilapia, a menudo llamada el "pollo del mundo pesquero", es una fuente económica de proteínas que se cultiva en grandes cantidades a nivel mundial. Además, es relativamente tolerante al medio ambiente y omnívora, lo que la convierte en una especie ideal de pruebas para diversas tecnologías innovadoras. Algunas de las últimas tecnologías de mimetismo ecológico e inteligentes en el cultivo de tilapia incluyen:

En primer lugar, el diseño basado en ecosistemas mediante la acuicultura multitrofica integrada de niveles tróficos (IMTA) y la acuicultura compleja. La tilapia es un buen consumidor de alimento planctónico y fitoplanctónico, lo que la convierte en

una buena candidata para la acuicultura multiespecie. Por ejemplo, el policultivo, donde la tilapia se cría con camarones, almejas y algas, imita el ciclo de materiales en los ecosistemas naturales, donde los desechos de una especie se utilizan como alimento para otra. De hecho, las algas y los mariscos actúan como filtros naturales al absorber nitrógeno y fósforo de los vertidos de la piscicultura, mientras que la tilapia se alimenta de plancton y microalgas de las almejas, o actúa como carroñera al buscar desechos en el agua. Se ha demostrado que estos sistemas IMTA reducen la acumulación de nutrientes en las piscifactorías, mejoran la salud de cada especie y aumentan la productividad general. Por ejemplo, en China y el Sudeste Asiático, existe la tradición de co-criar tilapia en cursos de agua dedicados al cultivo de arroz para eliminar plagas y fertilizar el agua. Recientemente, han surgido granjas inteligentes de arroz y peces que gestionan automáticamente este proceso mediante IoT. Este enfoque reduce el consumo de agua (recicla hasta un 50 %) y contribuye a la diversificación de

ingresos mediante la obtención de productos adicionales (algas, almejas). Sin embargo, debido a la complejidad de las interacciones entre especies, se está investigando para encontrar las combinaciones y proporciones óptimas, y su eficacia puede variar según las condiciones del campo. Además, se trata de una tecnología joven, por lo que su viabilidad probablemente dependerá de futuras investigaciones.

La segunda es la acuicultura en aguas verdes, un tipo de acuicultura multiaxial en la que se crían conjuntamente tilapia y camarón. Esta acuicultura se denomina así porque el agua es verde y rica en plancton cuando la tilapia se cría en una proporción específica de agua de cultivo. Las heces y el comportamiento alimentario de la tilapia favorecen el crecimiento de microalgas y bacterias beneficiosas, creando un entorno antimicrobiano natural en el agua de cultivo. Existen informes que indican que la coexistencia de tilapia es particularmente eficaz para suprimir la bacteria *Vibrio*, mortal en el cultivo de camarón. Los acuicultores de Vietnam y Filipinas que han adoptado la co-cultivación de tilapia y camarón han observado una reducción significativa de la mortalidad de camarones y un mayor éxito en la producción sin antibióticos. Un estudio reveló que, en una zona endémica de mortalidad aguda de camarones por *Vibrio* (EMS/AHPND), la sobrevivencia de los camarones en estanques con tilapia fue significativamente mayor que en estanques criados solos, probablemente porque el moco y el microbioma liberados por la tilapia inhiben el crecimiento de bacterias dañinas, y porque la tilapia ayuda a purificar el agua al consumir restos de alimento y materia orgánica. Este enfoque es relativamente económico y sencillo, lo que lo hace atractivo para los pequeños acuicultores, quienes pueden aplicarlo directamente para obtener la eco certificación. Sin embargo, una densidad y un manejo adecuados son

esenciales, ya que el hacinamiento puede aumentar el consumo de oxígeno.

En tercer lugar, el cultivo de tilapia también utiliza sensores inteligentes y gestión de IA para maximizar la eficiencia. Por ejemplo, a medida que los sensores de monitoreo de la calidad del agua se vuelven más asequibles, muchas granjas de tilapia monitorean la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y otros parámetros del agua en tiempo real para activar cambios automáticos de agua u oxigenación. En países sin litoral, como Ruanda, se utilizan boyas IoT alimentadas por energía solar para controlar la calidad del agua en las granjas de tilapia en lagos, y los programas piloto utilizan modelos predictivos de IA para prepararse ante floraciones anóxicas antes de que se formen. La tecnología de visión artificial también se utiliza para detectar el crecimiento y la salud de la tilapia mediante cámaras, que pueden predecir cuándo embarcar y detectar síntomas de enfermedades de forma temprana. Esta gestión basada en datos también está impulsando la sofisticación de la alimentación dosificada (automatización de la alimentación), que está mejorando la tasa de conversión alimenticia (TCA) y reduciendo la contaminación del agua. La tilapia se cría a menudo en regiones con una inversión tecnológica relativamente baja, pero las innovaciones locales que utilizan tecnologías digitales de bajo costo están prosperando. Por ejemplo, un proyecto en Bangladesh utilizó una aplicación móvil para que los pequeños productores compartieran datos sobre la calidad del agua y recibieran orientación sobre la alimentación óptima, lo que incrementó la producción en más de un 20 %. De esta forma, la industria de la tilapia está aumentando constantemente su productividad mediante la aplicación de tecnologías ecológicas de bajo costo, y la acumulación de estas mejoras podría generar un escenario de crecimiento para la inversión a gran escala.





## Innovación inteligente y armonía ambiental en el cultivo del halibut

El halibut (platija) es una importante especie de piscifactoría en el este de Asia, incluida Corea. Se ha cultivado principalmente mediante la circulación de agua de mar en tanques terrestres, pero la aplicación de tecnología de acuicultura inteligente ha revolucionado recientemente este cultivo. En particular, la introducción de sistemas de recirculación (RAS) terrestres y la gestión basada en IA buscan lograr una producción masiva respetuosa con el medio ambiente.

En primer lugar, la adopción a gran escala de la tecnología de sistemas de recirculación para acuicultura (RAS). Las

granjas tradicionales de halibut han estado utilizando agua de mar, pero la transición a RAS, sistemas cerrados, se está acelerando para reducir la contaminación ambiental y prevenir enfermedades. Para 2025, el primer complejo RAS de 1000 toneladas de Corea para el cultivo de halibut se encuentra en construcción en Goheung, Jeollanam-do, y adopta la tecnología RAS super intensiva. El sistema controla con precisión el entorno de crecimiento del halibut optimizando la temperatura del agua, el oxígeno y el caudal en cada tanque, incluso en la cría de alta densidad. La ventaja más significativa del RAS es que reduce el consumo de agua entre un 5 % y un 10 % y prácticamente elimina los efluentes mediante la filtración y reutilización de aguas residuales, lo que minimiza la contaminación costera y reduce la presión sobre los ecosistemas marinos

cercanos a las granjas. Las instalaciones interiores, completamente cerradas, también facilitan el control de la introducción de patógenos externos, lo que se espera que reduzca significativamente la incidencia de enfermedades, un problema común en el cultivo de halibut. De hecho, la producción comercial de platija (lenguado, rodaballo, etc.) en el mismo sistema RAS en Europa lleva más de una década en marcha, con tasas de mortalidad extremadamente bajas y una viabilidad económica demostrada. Basándose en estas prácticas avanzadas, una empresa coreana, está diseñando un sistema RAS para el halibut y aspira a lograr el primer centro productivo terrestre totalmente circular. Esta es una innovación significativa para la industria acuícola coreana y se espera que cambie el paradigma de la industria del halibut hacia la acuicultura inteligente terrestre.

En segundo lugar, el uso de sensores inteligentes y sistemas de automatización. El halibut es sensible a los cambios en la temperatura y la calidad del agua, y se utilizan modelos predictivos de IA para ajustar el entorno y minimizar el estrés de forma proactiva. Por ejemplo, un sistema de control de la temperatura del agua, vinculado a datos meteorológicos, mitiga el rápido aumento de la temperatura en verano mediante refrigeración y mantiene temperaturas óptimas de crecimiento en invierno mediante calentamiento automático. También estamos introduciendo tecnología que utiliza cámaras submarinas para detectar el movimiento del halibut y sus respuestas alimentarias, ajustando así la cantidad y el momento de la alimentación automática mediante cinta transportadora. La IA, basada en vídeo, analiza el fondo del tanque para comprender la tasa y la distribución de la alimentación,

teniendo en cuenta la costumbre del halibut de adherirse al fondo. Como resultado, es menos probable que el alimento se quede en el fondo y se descomponga, y cualquier anomalía alimentaria (por ejemplo, pérdida de apetito) en la población de halibut se puede detectar a tiempo. En Corea del Sur, el banco de pruebas de acuicultura inteligente de Jeju tiene como objetivo utilizar estos sistemas para mejorar la eficiencia alimentaria del halibut en un 20 % y reducir los costos de mano de obra para mejorar significativamente el costo de producción por kg. El Ministerio de Océanos y Pesca estima que el clúster de acuicultura inteligente que se está construyendo en Jeju reducirá los costos de producción de halibut en más de un 30 % una vez que esté plenamente operativo. Esto hará que el halibut fresco sea más asequible, lo que lo hará más competitivo en el mercado y mejorará la rentabilidad de la inversión. De hecho, según un comunicado de prensa del gobierno, se espera que el costo de producción de halibut, que actualmente ronda los 10.000 wones por kilogramo, se reduzca a unos 7.000 wones con la acuicultura inteligente. Por supuesto, estas expectativas son estimaciones en la fase piloto y están sujetas a cambios durante el futuro proceso de demostración.

En tercer lugar, innovaciones en el aprovechamiento del espacio. La naturaleza del halibut, que habita en el fondo marino, ha resultado en bajas densidades de población por tanque. Aun así, una empresa surcoreana ha introducido recientemente el concepto de tanques de varios niveles (Raceways verticales), que apilan tanques dentro de un edificio para maximizar la producción en la misma área, imitando el aprovechamiento del espacio de las granjas verticales. Estos sistemas RAS de varios niveles, combinados

con controles automatizados, crean un entorno de cultivo uniforme sin desviaciones en la calidad del agua entre plantas y permiten el cultivo de halibut incluso en zonas urbanas donde el costo del terreno es elevado. Esto allana el camino para la inclusión de productos del mar de alta gama, como el halibut, en ciudades inteligentes y cadenas de suministro de alimentos urbanas en el futuro, y se reconoce como un nuevo modelo de valor añadido para los inversores. Sin embargo, debido a la complejidad de la estructura, el costo de la inversión inicial es elevado y se requiere una mayor validación económica.

Finalmente, la innovación tecnológica es evidente en la certificación internacional y la estrategia de mercado. Si bien el cultivo de halibut se destina principalmente al consumo interno, recientemente se ha observado una tendencia hacia la certificación ASC para mercados extranjeros con conciencia de sostenibilidad (como Japón). Una granja de halibut en Corea del Sur se convirtió en la primera del mundo en obtener la certificación ASC. Este logro no habría sido posible sin la adopción de tecnologías acuícolas respetuosas con el medio ambiente. La certificación internacional exige procesos ecológicos como sistemas de filtración circulante, reprocesamiento de aguas residuales y tratamiento biológico de residuos, por lo que la obtención de estas certificaciones demuestra la competitividad de la tecnología en sí. Para los inversores, estas certificaciones y tecnologías significan acceso a mercados internacionales de alto valor, por lo que la innovación inteligente en el cultivo de halibut abre la posibilidad de comercialización global.

## Implicaciones para la inversión y el mercado global

Las innovaciones ecomiméticas en el cultivo de camarón, tilapia y halibut que hemos visto hasta ahora apuntan a la reducción de costos y la sostenibilidad. Esto, sumado a un creciente enfoque de Ambiente, Social y Gobernanza (ESG, por sus siglas en inglés), está atrayendo la atención de gobiernos, grandes empresas alimentarias e inversores de capital de riesgo. De hecho, para 2025, más de 100 emprendimientos en todo el mundo están desarrollando soluciones acuícolas utilizando IA, IoT y biotecnología, con grupos norteamericanos y europeos a la cabeza. Muchas de estas se centran en tecnologías biomiméticas, de datos, como la eficiencia alimentaria en la acuicultura, el monitoreo de enfermedades y la purificación del agua, y es probable que den lugar a servicios comerciales en los próximos años.

Lo que importa a los inversionistas es la posibilidad de ampliar la escala de estas tecnologías. La alimentación artificial en camarones, los modelos de limpieza de manglares, la tecnología IMTA en tilapia y el sistema RAS en halibut están mostrando excelentes resultados en proyectos pilotos, pero será necesario monitorear qué variables estarán presentes en la comercialización a gran escala. Por ejemplo, la eficacia de la purificación basada en manglares puede variar según el terreno y el clima, y la alimentación artificial puede ser difícil de adaptar inicialmente en regiones con escasez de datos. Sin embargo, las soluciones que imitan la naturaleza son inherentemente adaptables y resilientes. Los ecosistemas naturales han demostrado ser sostenibles durante cientos de millones de años, y las tecnologías acuícolas que los imitan tienen un gran potencial para reducir los riesgos



ambientales y permitir una producción estable a largo plazo.

En los mercados internacionales, en particular, existe una gran demanda de productos del mar ecológicos, por lo que las piscifactorías que adoptan estas tecnologías también revalorizan su marca. Por ejemplo, el camarón producido con IA y tecnologías ecológicas puede resultar atractivo para los consumidores europeos gracias a su menor huella de carbono y a su afirmación de que no contiene antibióticos, lo que puede generar un soporte de precios y una mayor rentabilidad de la inversión. Algunas tecnologías también pueden convertirse en industrias de exportación de patentes y equipos, lo que abre nuevas oportunidades de negocio para que las empresas nacionales de tecnología acuícola ofrezcan soluciones en el extranjero.

En conjunto, las innovaciones acuícolas basadas en tecnologías ecomiméticas ya no

son ideas experimentales, sino que se acercan rápidamente a la realidad comercial. Al centrarse en esta área, los inversores pueden abordar los desafíos gemelos de la seguridad alimentaria y el medio ambiente, a la vez que aprovechan un mercado con un alto potencial de crecimiento. Es probable que las innovaciones en acuicultura de la próxima década provengan de tecnologías que se inspiran en la sabiduría de la naturaleza. Si bien el potencial de cambio trasciende los límites de nuestro conocimiento y tecnología, la tendencia hasta ahora parece clara: la acuicultura inteligente y ecológica se está convirtiendo en el estándar para el futuro de la pesca.

<https://www.linkedin.com/pulse/aquaculture-innovation-trends-explored-ecological-mimicry-cho-%EC%A1%B0%EC%9A%A9%EA%B8%B8-2q53c/>

**BOLETÍN MENSUAL**

**Sociedad Venezolana de Acuicultura**

**BOLETÍN #SVA**

**NOTICIAS DEL SECTOR, DIRECTO A TU BANDEJA DE ENTRADA**

[www.svacuicultura.org](http://www.svacuicultura.org)

SUSCRÍBETE A NUESTRA LISTA DE DIFUSIÓN

EMAIL

NOMBRES

APELLIDOS

He leído y acepto la Política de Privacidad de la SVA

**SUSCRIBIRSE**

Recibe nuestros boletines de manera mensual, información sobre los eventos de la sociedad, webinars y nuestra revista El Acuicultor directo a tu bandeja de entrada

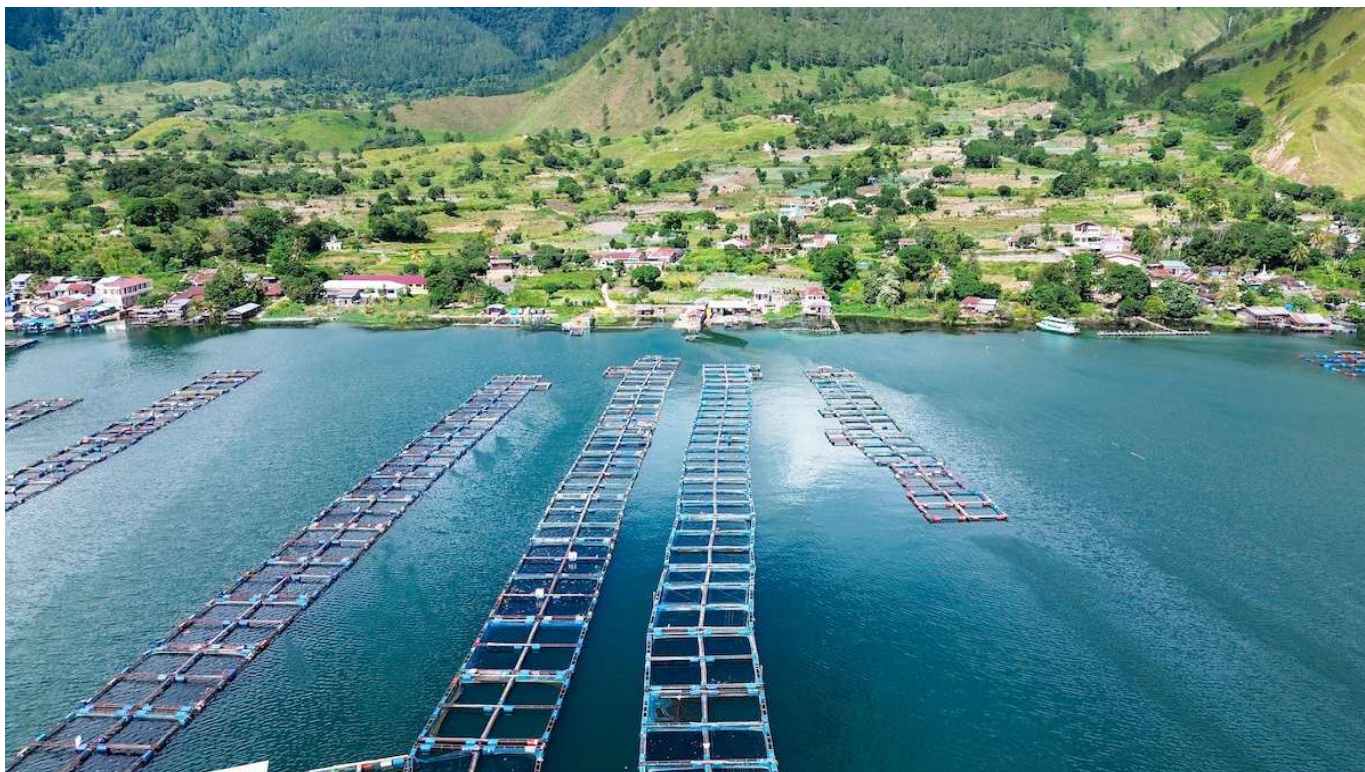
**EL ACUICULTOR**

**SVA**

En alianza con

# DOS MUNDOS DE LA ACUICULTURA

Annisa Dinulislam



Piscifactorías, lago Toba, Sumatra.

La acuicultura se ha convertido en un pilar vital del sistema alimentario mundial. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de 2022, más de la mitad del pescado que consumimos hoy en día proviene de la acuicultura, no de la pesca silvestre. Ante los desafíos del cambio climático, la degradación ambiental y el crecimiento de la población mundial, la acuicultura se considera cada vez más una respuesta clave para la seguridad alimentaria sostenible.

Tanto Indonesia como Escocia desempeñan papeles importantes en este campo, aunque

con facetas muy diferentes. Indonesia es conocida por su diversidad: camarones, tilapias, bagres, algas e incluso peces ornamentales, mientras que Escocia es prácticamente sinónimo de unas pocas especies, en particular la trucha y el salmón de primera calidad, que se consumen localmente y se exportan a todo el mundo.

Para mí, como indonesia que acaba de iniciarse en el mundo de la acuicultura en Escocia, estos contrastes resultan impactantes. En Indonesia, la acuicultura está profundamente arraigada en la vida de las comunidades costeras y rurales, y



a menudo se practica como un negocio familiar secundario. En Escocia, sin embargo, la acuicultura se ha convertido en una industria moderna, regulada e integrada en el mercado global.

Indonesia es uno de los mayores productores acuícolas del mundo. Con más de 80.000 kilómetros de costa, el país posee una extraordinaria riqueza natural. El camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) y el camarón tigre negro (*Penaeus monodon*) son los principales productos de exportación, mientras que peces de agua dulce como el bagre, la tilapia y el panga satisfacen las necesidades nacionales. Indonesia también es un gigante mundial en algas marinas, abasteciendo de materias primas a las industria alimenticia y farmacéutica.

Sin embargo, tras estas impresionantes cifras se esconden historias humanas conmovedoras. En muchas aldeas, la acuicultura es un salvavidas en tiempos difíciles.

Heru Winarto, piscicultor y pescador de Kediri, comenzó su largo caminar en 1986 mientras aún estudiaba. Criaba bagres y tilapias para apoyar la economía familiar, y posteriormente se dedicó a peces ornamentales como el betta (también conocido como pez luchador de Siam) y el koi. "Los peces Betta se convirtieron en los favoritos porque requerían poco capital, pero podían alcanzar precios altos, incluso millones de rupias, si tenían patrones únicos", dice Winarto.

Lo que comenzó como un negocio secundario, con el tiempo dio a conocer a Winarto; sus productos llegaron a mercados tan lejanos como Yakarta y Bali. Hoy en día, continúa asesorando voluntariamente a otros acuicultores, tanto en línea, a través de su canal de YouTube, Heru Tirto Fishing, como de manera presencial, mostrando cómo la acuicultura indonesia a menudo crece gracias al espíritu comunitario y al aprendizaje autodidacta.

En la región costera de Rajabasa, Lampung,



Heru Winarto.



la situación es diferente. Meita Saniyyah Ubay, oficial de extensión pesquera, explica que muchos lugareños aún dependen en gran medida de la pesca de captura silvestre. “La cría, especialmente de camarones, suele realizarse como una fuente complementaria de ingresos”, explica Ubay.

El apoyo gubernamental, a través de los departamentos de pesca, abarca desde la distribución de semillas y el control de enfermedades hasta la facilitación de préstamos bancarios, pero esta asistencia es más accesible para grupos que para individuos. Esto refleja un patrón típico de Indonesia: la acuicultura existe en diversas formas, desde pequeñas empresas familiares hasta grandes corporaciones, pero persisten desafíos en cuanto a difusión y coherencia regulatoria.

## Acuicultura en Escocia: salmón, regulación y sostenibilidad

Si Indonesia representa un mosaico de especies y escalas de cultivo, Escocia es la imagen de la concentración. Casi todo el valor de la acuicultura proviene del salmón del Atlántico, con una pequeña contribución de la trucha, los mejillones, las ostras y las algas. Como explica Andrew Davie, socio y director de Acuicultura de Aquascot, aunque la industria se ha desarrollado solo en los últimos 50 años, se ha convertido en la columna vertebral de las economías rurales y en el mayor producto de exportación de alimentos del Reino Unido.

Lo que distingue a Escocia no son solo las especies cultivadas, sino también la gestión del sector. La regulación y las normas son fundamentales para Escocia. La industria debe cumplir estrictos requisitos en materia de bienestar de los peces, impacto ambiental

y compromiso con las comunidades locales. La certificación de terceros y la transparencia del consumidor son clave para mantener la confianza del mercado.

Davie también describe el funcionamiento del sector. Destaca que la acuicultura escocesa cumple múltiples funciones a la vez: proporciona alimentos nutritivos y bajos en carbono, apoya las economías locales y crea empleo en zonas remotas. “Desde mi punto de vista, el mayor desafío general que enfrenta nuestro sector es desarrollar una acuicultura exitosa en nuestro clima cambiante”, señala. Sin embargo, sigue confiando en la adaptabilidad de la industria y destaca que la innovación tecnológica y las estrategias de producción eficaces son cruciales para la sostenibilidad a largo plazo.

Davie explica además que la acuicultura en Escocia se concibió inicialmente como una pequeña parte de la producción rural, de forma similar a cómo muchas familias indonesias la consideran una actividad doméstica. Sin embargo, con el tiempo, el sector creció, se integró y se consolidó como una industria moderna con estándares globales.

## Diferencias clave: Entre comunidad e industria

Al comparar los dos contextos, destacan varias diferencias clave:

### 1. Escala y estructura

- Indonesia: Muy diversa, dominada por pequeños acuicultores, muchos de los cuales tratan la acuicultura como un negocio secundario o incluso un pasatiempo.
- Escocia: Concentrada en grandes empresas centradas en un producto principal, el salmón.



Piscifactoría, Escocia.

### Regulación y confianza pública

- Indonesia: Existen regulaciones, pero su implementación es desigual, especialmente para los pequeños acuicultores.
- Escocia: Regulaciones y certificaciones estrictas garantizan la transparencia y los estándares ambientales.

### 2. Tecnología e innovación

- Indonesia: La innovación existe, pero a menudo sigue siendo localizada y depende de recursos.
- Escocia: Adopción de tecnología avanzada, desde sensores hasta sistemas automatizados.

### 3. Identidad social

- Indonesia: La acuicultura está entrelazada con la identidad familiar y comunitaria, y a veces incluso se expresa como una forma de arte en la cría de peces ornamentales.

- Escocia: La acuicultura es un sector industrial vital con una identidad ligada al desempeño económico nacional.

## Reflexiones y oportunidades de colaboración

Para mí, esta experiencia ha sido reveladora. Desde Escocia, Indonesia puede aprender sobre la importancia de la regulación, la trazabilidad de los productos y las normas de bienestar de los peces. El uso de tecnologías digitales y enfoques científicos en la gestión de las piscifactorías podría mejorar la competitividad y, al mismo tiempo, garantizar la sostenibilidad.

Pero Escocia también puede aprender lecciones de Indonesia. La diversidad de especies y la estrecha conexión entre la acuicultura y las comunidades proporcionan





Meita Saniyya Ubay (segunda desde la izquierda).

una resiliencia de la que carece un sistema de monocultivo. La innovación impulsada localmente, como la de Heru, demuestra cómo la creatividad puede prosperar incluso con recursos limitados.

El mensaje final que recibí de Andrew Davie me parece particularmente relevante: el intercambio de conocimientos es clave. Los diálogos transnacionales y a diferentes escalas revelan que los desafíos a los que nos enfrentamos son, en muchos sentidos, similares. Ya sea un criador de salmón en las Tierras Altas de Escocia o un criador de bettas en Kediri, Indonesia, ambos buscan maneras de alimentar al mundo de forma responsable.

La acuicultura en Indonesia y Escocia puede parecer un mundo aparte, pero ambas son hilos de un mismo tejido global. Indonesia

ofrece diversidad y resiliencia comunitaria, mientras que Escocia aporta disciplina regulatoria e innovación tecnológica. En mi experiencia, que abarca desde estanques tropicales hasta lagos fríos, he aprendido que la acuicultura no solo se trata de peces, sino también de personas, comunidades y el futuro de nuestros alimentos.

Al unir estos dos mundos, podemos descubrir no sólo diferencias sino también puntos en común, un espacio de colaboración para construir una acuicultura más sostenible, inclusiva y resiliente en los próximos años.

Puede acceder al artículo original en Fish Farmer Magazine, el mismo fue reproducido con permiso de la organización.

<https://www.fishfarmermagazine.com/features/two-worlds-of-aquaculture>





Sociedad Venezolana de Acuicultura

UN ESPACIO

DE INTERACCIÓN MUTUA

# CRECE JUNTO A LA SVA

[www.svacuicultura.org](http://www.svacuicultura.org)

**Comprometidos con la acuicultura en Venezuela y América Latina**

**La SVA**

La Sociedad Venezolana de Acuicultura (SVA) fue fundada en 1972, el propósito de nuestra organización es promover y desarrollar la acuicultura en Venezuela y América Latina, a través de la investigación, la transferencia de tecnología, la capacitación y el asesoramiento técnico, así como la promoción de la producción y el consumo de productos acuáticos.

**Misión**

Promover y desarrollar la acuicultura en Venezuela y América Latina, a través de la investigación, la transferencia de tecnología, la capacitación y el asesoramiento técnico, así como la promoción de la producción y el consumo de productos acuáticos.

**Visión**

Convertirse en la principal organización de referencia en el sector acuícola de Venezuela y América Latina.

**Valores**

**Noticias de la Industria y**

USSEC

GACETA OFICIAL

**EL ACUICULTOR**

EL ACUICULTOR

# EFECTO DE LOS NIVELES DE PROTEÍNA DIETÉTICA SOBRE EL CRECIMIENTO, LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y LA HEMATOLOGÍA DE LA TILAPIA EN BIOFLOC SIN SISTEMA DE GESTIÓN DE SÓLIDOS

Cuerpo editorial de El Acuicultor

## Introducción

El sistema de biofloc (BFT, por sus siglas en inglés) manipula la relación carbono/nitrógeno para promover el crecimiento de bacterias heterotróficas, que transforman residuos nitrogenados en bioflóculos, reduciendo así la necesidad de recambio de agua y proporcionando nutrientes valiosos para los organismos de cultivo. Los bioflóculos contienen un alto nivel de proteínas y aminoácidos, convirtiéndolo en un posible sustituto de la proteína en la dieta de peces. Estudios muestran que el biofloc contribuye al crecimiento y producción de peces, mejora la utilización del alimento y la retención de proteínas. Por lo tanto, los peces en sistemas de biofloc pueden necesitar menores niveles de proteína dietética que aquellos en acuicultura tradicional.

La tilapia es un pez de importancia comercial y ocupa el segundo lugar en producción mundial de peces de cultivo. Su crecimiento es rápido, alcanzando tamaños comerciales en 3 a 4 meses, con un rendimiento superior en sistemas de biofloc. Esta especie es adecuada para acuicultura gracias a su resistencia a enfermedades y capacidad para consumir biofloc, que es rico en proteínas. Aunque puede utilizar el biofloc eficientemente, para maximizar su crecimiento se recomienda alimentar con dietas bien balanceadas, lo que representa un costo significativo, especialmente por el alto contenido proteico. Reducir la proteína en la dieta sin afectar el crecimiento y la salud de la tilapia puede ayudar a disminuir costos de producción. Estudios sugieren que el biofloc puede sustituir parte de la proteína en la alimentación suplementaria. Por lo tanto,





se estima que la tilapia en sistemas BFT tiene menores requerimientos proteicos, lo que puede contribuir a reducir costos. Es crucial determinar el requerimiento proteico mínimo para formular dietas rentables y equilibradas.

La tilapia es una especie de gran importancia comercial que crece rápidamente en sistemas de biofloc y su capacidad para consumirlo la hace ideal para esta tecnología. Sin embargo, para maximizar su crecimiento, se recomienda un alimento balanceado, cuyo costo, principalmente por el contenido proteico, representa aproximadamente el 60 % del total. Reducir la cantidad de proteína en la dieta sin comprometer la salud y el crecimiento de los peces es clave para disminuir los costos de producción en BFT. Estudios indican que el biofloc puede sustituir parte de la proteína en la alimentación de tilapia, permitiendo que esta especie tenga un menor requerimiento proteico en sistemas BFT y, a su vez, ayude a reducir costos. Determinar el requerimiento proteico mínimo para la tilapia en estos

sistemas es esencial para formular dietas económicas y equilibradas.

Varios estudios han analizado el requerimiento mínimo de proteína dietética en tilapia en sistemas BFT, encontrando niveles de proteína cruda recomendados que varían entre el 22 y 31 %. No obstante, el efecto de reducir el contenido de proteína en la salud de la tilapia sigue siendo incierto.

Para que la alimentación en sistemas de biofloc sea más sostenible y rentable, se necesitan datos empíricos sobre el rendimiento de la tilapia alimentada con un contenido proteico bajo, pero óptimo, en sistemas de BFT fáciles de usar y sencillos. Este estudio tuvo como objetivo determinar la proteína dietética mínima requerida para la tilapia criada en sistemas de BFT, mediante la investigación del rendimiento del crecimiento, la composición corporal y los parámetros hematológicos.



## Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo durante 13 semanas, probando cinco dietas con niveles de proteína cruda (PC) de 32 %, 28 %, 24 %, 20 % y 16 %. La dieta control, que contenía 32 % de PC, utilizó harina de pescado como principal fuente de proteína. Asimismo, se buscó comparar la contribución de la proteína del biofloc en el crecimiento de los peces alimentados con dietas de menor proteína. Para ello, se crearon dietas experimentales que sustitúan la harina de pescado por harina de maíz local. Las composiciones y los niveles de nutrientes de las dietas experimentales se presentan en la **Tabla 1**.

Se obtuvieron tilapias genéticamente

mejoradas (GIFT) de 40 días y se aclimataron durante una semana con un alimento comercial que contenía 32 % de proteína. Luego, se sembraron aleatoriamente en 15 tanques (300 L) a una densidad de 65 peces/m<sup>3</sup>, tras un ayuno de 24 horas para vaciar su tracto gastrointestinal.

El volumen de flóculos se mantuvo en 30 mL/L en cada tanque. Se preparó carbono orgánico fermentado (FCO), que incluía una mezcla probiótica comercial para favorecer el crecimiento bacteriano beneficioso, sal para el equilibrio salino, melaza como fuente de carbono y un poco de alimento para peces (con 30 % de proteína) para inocular el cultivo. La mezcla se aireó durante 5 días para facilitar la fermentación. Para iniciar el desarrollo de flóculos, se añadieron 100

Ingredientes (%)	Nivel de proteína bruta (%)				
	32	28	24	20	16
Harina de pescado	32,8	26,8	20,8	14,7	8,7
Harina de soja	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
Harina de maíz	23,4	29,2	35,0	40,9	46,7
Pulido de arroz	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Harina de trigo	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Aceite de soja	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Aglutinante	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Premezcla de vitaminas + minerales	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Fosfato dicálcico	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
Cloruro de sodio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Composición aproximada (%)</b>					
Proteína	32,3	28,0	25,4	20,91	17,01
Lípidos	6,05	6,93	6,67	6,18	6,74
Ceniza	12,44	13,24	10,92	9,92	9,35
Humedad	10,35	10,41	12,39	10,74	11,88

**Tabla 1.** Formulaciones y composiciones aproximadas de los alimentos experimentales.

mL del FCO a cada tanque y se reabasteció cuando el volumen de flóculos cayó por debajo del nivel deseado.

Se mantuvo una relación C:N de 15:1 en cada tanque mediante la adición de azúcar morena para controlar el nitrógeno amoniacal total (TAN). Además, los tanques se airearon y agitaban continuamente con piedras de aire conectadas a un soplador.

Los peces recibieron una dieta equivalente al 3 % de su peso corporal dos veces al día. La ración diaria total se dividió en dos porciones iguales, suministradas mañana y tarde. La tasa de alimentación se ajustó quincenalmente mediante un muestreo aleatorio de más del 50 % de los peces de cada tanque. Los parámetros de calidad del agua en cada tanque se monitorearon durante todo el experimento, con mediciones realizadas cada mañana. Además, se realizaron muestreos periódicos para determinar crecimiento absoluto, peso final, sobrevivencia, y tasa de conversión alimenticia.

Para la evaluación del índice somático, hepatosomático e índice somático del bazo, en la cosecha, se seleccionaron aleatoriamente tres peces de cada tanque para recolectar las muestras. Para determinar los parámetros hematológicos se recolectaron muestras de sangre de las aletas caudales de cuatro peces seleccionados

al azar por tanque. En la cosecha también se tomaron muestras aleatorias de cuatro peces de cada tanque para el análisis de la composición corporal. Además de muestras de flóculos de cada tanque. Las muestras de peces, alimento y flóculos se analizaron utilizando los mismos métodos. La proteína cruda, la grasa cruda, la ceniza y el contenido de humedad de las muestras de peces, alimento y flóculos se determinaron de acuerdo con los métodos de la AOAC.

## Resultados

Durante el período de cultivo, los parámetros de calidad del agua como temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), nitrógeno amoniacal total, nitrito y nitrato, se mantuvieron dentro de los rangos considerados óptimos para la acuicultura (**Tabla 2**).

El rendimiento de crecimiento y los índices somáticos de la tilapia bajo las condiciones experimentales se resumen en la **Tabla 3**. La sobrevivencia fue relativamente alta (90 %) en todos los tratamientos dietéticos y no se vio afectada significativamente por las dietas. No hubo diferencia significativa en el peso inicial (g) entre los tratamientos dietéticos. Sin embargo, después de 13 semanas de alimentación, se observaron diferencias significativas en el peso final, crecimiento absoluto, TCA y rendimiento. Los

Parámetros	Niveles de proteína bruta (%)					Valor referencial
	32	28	24	20	16	
Temperatura (°C)	27,52	27,94	27,65	27,48	27,76	27 – 32
pH	8,32	8,28	8,34	8,27	8,31	6 – 9
OD (mg/L)	5,27	5,15	5,19	5,27	5,26	> 4
TAN (mg/L)	0,72	0,66	0,76	0,65	0,73	< 1
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,12	0,11	0,14	0,1	0,1	< 8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	19,25	17,83	15,81	17,72	17,78	< 500

**Tabla 2.** Parámetros de calidad de agua durante el lapso del experimento. Abreviaturas: OD, oxígeno disuelto; TAN, nitrógeno amoniacal total.

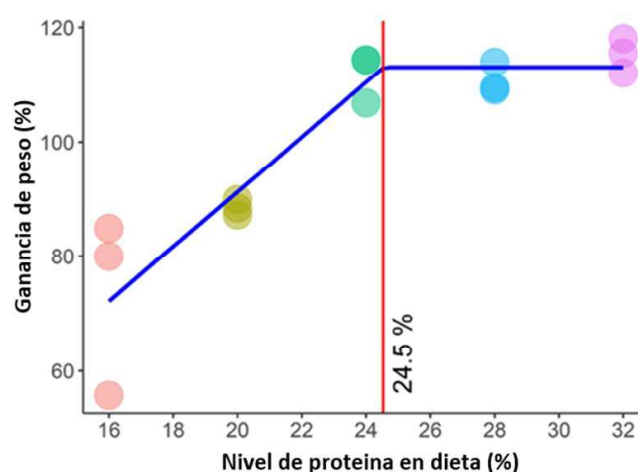
Parámetros	Niveles de proteína bruta (%)				
	32	28	24	20	16
Sobrevivencia (%)	93,33	96,67	93,33	90,0	93,33
Peso inicial (g)	40,9	40,85	40,45	40,98	40,92
Peso final (g)	88,01a	86,11a	85,66a	77,27bc	71,00c
Crecimiento (g/día)	0,52a	0,50a	0,50a	0,41b	0,33b
TCA	2,90a	2,94a	2,83a	3,69ab	4,43b
Rendimiento (kg/m <sup>3</sup> )	5,48a	5,55a	5,33a	4,64b	4,41b
Índice visceral	10,55a	12,57ab	11,78ab	10,63a	13,25b
Índice de grasa visceral	13,47	13,6	15,08	15,83	12,26
Índice hepatosomático	2,76	2,73	2,58	2,7	3,15
Índice somático del bazo	0,18	0,19	0,21	0,21	0,23

**Tabla 3.** Rendimiento del crecimiento e índices somáticos de tilapia alimentada con dietas de diferentes niveles de proteína cruda durante las 13 semanas de experimentación en tanques de biofloc. Nota: Las medias en la misma fila con diferentes subíndices son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Abreviaturas: TCA, tasa de conversión alimenticia.

peces alimentados con 32 %, 28 % y 24 % de PC mostraron rendimientos de crecimiento casi similares y mantuvieron un crecimiento significativamente mayor en comparación con los alimentados con 20 % y 16 % de PC. Los peces alimentados con una dieta de 16 % de PC tuvieron la TCA más alta (4,43). Cuando se aplicó un modelo lineal para determinar la relación entre el aumento de peso (%) y el nivel de proteína en la dieta, el nivel mínimo de proteína estimado requerido para el mayor aumento fue del 24,5 % (**Figura 1**).

Los niveles de PC en la dieta alteraron significativamente el índice visceral, mientras que los índices de grasa visceral, hepatosomático y somático del bazo se mantuvieron inalterados. Los juveniles de tilapia alimentados con dietas con 16 % de PC presentaron el índice visceral más alto, significativamente superior al de aquellos alimentados con 32 % y 20 % de PC, mientras que los peces alimentados con dietas de 32 % de PC presentaron el índice visceral más bajo.

La composición aproximada (peso seco) y el volumen de los flóculos acumulados en los diferentes tanques de cultivo se presentan en la **Tabla 4**. Como se muestra en la tabla, el nivel de PC en la dieta no afectó la



**Figura 1.** Efecto de los niveles de proteína en la dieta sobre la ganancia de peso (%) de la tilapia. El nivel mínimo de proteína estimado para la máxima ganancia de peso (%) según el modelo es de 24,5 %.



composición bioquímica de los flóculos. Los contenidos promedio de PC, lípidos y cenizas de los flóculos fueron del 28,82 %, 5,31 % y 19,43 %, respectivamente.

Las composición corporal aproximada de los peces alimentados con dietas de diferentes niveles de proteína se presentan en la **Tabla 5**. Los contenidos corporales de humedad, cenizas y PC de la tilapia, en la cosecha final (base de peso fresco, %), no se vieron afectados por los niveles de PC de las dietas experimentales.

Los parámetros hematológicos de los peces alimentados con dietas de diferentes niveles de proteína se presentan en la **Tabla 6**. Los niveles de PC en la dieta no afectaron los parámetros hematológicos de la tilapia experimental criada en tanques de biofloc.

## Discusión

Los resultados del presente estudio mostraron que los parámetros de calidad del agua no variaron significativamente a lo largo del período experimental, lo que sugiere que el sistema de biofloc mantuvo eficazmente un ambiente acuático adecuado para el crecimiento de la tilapia. Se estima que el carbono orgánico exógeno, junto con el alimento no consumido y las heces, estimuló el crecimiento bacteriano heterotrófico y la subsiguiente reducción en los niveles de  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . Resultados que van en concordancia con muchos otros estudios realizados en sistemas BFT.

La tilapia criada en el sistema BFT tuvo una alta sobrevivencia (90 %) en todos los tratamientos y no se vio afectada por los tratamientos dietéticos. Otras investigaciones

Composición	Niveles de proteína cruda (%)				
	32	28	24	20	16
Volumen del flóculo (mg/L)	39,78	38,65	38,31	36,65	36,68
Proteína cruda	30,67	30,21	27,59	27,28	28,32
Lípidos crudos	5,27	5,79	5,28	4,95	5,25
Ceniza	20,85	19,64	20,38	18,07	18,22

**Tabla 4.** Composición aproximada (% base peso seco) y volumen de bioflóculos acumulados en tanques con dietas para tilapia que contenían diferentes niveles de proteína.

Composición	Niveles de proteína cruda (%)				
	32	28	24	20	16
Proteína cruda	14,08	13,45	13,24	13,59	13,94
Lípidos crudos	3,35	3,26	3,98	3,48	3,43
Ceniza	3,66	4,01	3,85	4,15	4,26
Humedad	76,61	76,7	77,41	74,73	77,03

**Tabla 5.** Composición corporal (pez entero, % peso húmedo) de tilapia al momento de la cosecha.

Parámetros	Niveles de proteína cruda (%)				
	32	28	24	20	16
Hemoglobina (g/dL)	7,27	7,97	8,03	7,67	7,53
Leucocitos totales (cmm)	127.100	130.733	131.367	127.800	130.100
Neutrófilos (%)	14,67	15,67	18,0	15,33	16,33
Linfocitos (%)	78,33	77	74,67	78,0	76,33
Monocitos (%)	7	7,33	7,33	6,67	7,33
Glóbulos rojos (m/ $\mu$ L)	1,92	1,96	2,12	1,98	1,91
Hematocritos (%)	31,33	31,23	32,5	32,3	31,93
Volumen corpuscular medio (fL)	166,63	160,27	162,1	162,27	159,83
Hemoglobina corpuscular media (pg)	37,23	39,07	38,07	37,83	38,0
Concentración media de hemoglobina corpuscular (g/dL -1 )	22,63	24,93	23,57	23,9	23,6
Ancho de dist. de glóbulos rojos (%)	18,37	16,57	15,33	17,53	16,9
Plaquetas totales (cmm)	125.000	132.000	120.000	132.000	128.000

**Tabla 6.** Parámetros hematológicos de tilapia alimentada con dietas de diferentes niveles de proteína cruda durante el periodo del experimento.

han determinado similares hallazgos, donde no encontraron ningún efecto de los niveles de proteína dietética en la sobrevivencia de la tilapia. El sistema de biofloc se considera una de las posibles técnicas de acuicultura para controlar la mortalidad, lo cual es atribuible a la respuesta inmunológica de los animales a través del consumo de bioflóculos.

Los resultados de este estudio revelaron que las dietas con 32, 28 y 24 % de PC exhibieron un desempeño de crecimiento similar y superior en comparación con los grupos de 20 y 16 % de PC (**Tabla 3**). Esto confirma la importancia establecida de la proteína dietética para el crecimiento óptimo de los peces. El nivel mínimo estimado de proteína requerido para lograr la mayor ganancia de peso se determinó en 24.5 % utilizando un modelo de meseta lineal (**Figura 1**). Los peces alimentados con la dieta de PC de 16 % tuvieron el desempeño de crecimiento más pobre, indicado por el peso final y la ganancia de peso más bajos. Esto sugiere que la deficiencia de proteína a este nivel probablemente afectó la eficiencia de utilización del alimento. Los hallazgos del

presente estudio revelaron que las tilapias alimentadas con dietas que contenían 32, 28 y 24% de PC exhibieron desempeños de crecimiento similares. Esto sugiere que el biofloc puede haber contribuido al crecimiento de los peces donde estos fueron alimentados a una tasa subóptima (3% de su peso corporal) en todos los tratamientos. Investigaciones previas respaldan esta noción, donde la tilapia del Nilo criada en sistemas BFT logró un aumento de peso y una producción entre un 44 y un 46 % mayor en comparación con las de sistemas de agua limpia, lo que destaca la utilización del biofloc por la tilapia como fuente natural de alimento.

La tasa de crecimiento de la tilapia en el presente estudio (0,51 g/día) fue menor en comparación con algunas otras investigaciones (1,89 - 2,2 g/día). Varios factores pueden haber contribuido a esta discrepancia, incluidas las propiedades de los flóculos y el manejo de los lodos de los flóculos, así como el peso inicial de los peces experimentales.

La composición de los flóculos en los sistemas BFT puede variar ampliamente

dependiendo de factores como la comunidad microbiana, el tamaño de los flóculos y la relación C:N. Como se ha mencionado, este estudio empleó un sistema BFT simple y amigable para los pequeños productores que no implicó intercambio parcial de agua ni eliminación periódica de lodos de biofloc. Esto podría haber limitado el consumo absoluto de alimento por parte de los peces debido a la menor disponibilidad de flóculos o la mala visibilidad del agua.

Finalmente, el peso corporal inicial de los peces utilizados en el presente estudio (41 g) fue considerablemente menor en comparación con otros estudios. La proposición sobre el posible efecto del tamaño de los peces en el consumo de flóculos justifica una mayor investigación, ya que es posible que los peces más grandes consuman flóculos de manera más eficiente. El contenido proteico del biofloc puede variar significativamente debido a las prácticas de manejo, como el mantenimiento de una relación C:N específica mediante la adición de fuentes externas de carbono. La composición de los flóculos también puede variar en función de la presencia de peces en el sistema. Curiosamente, este estudio no observó diferencias significativas en las composiciones de los flóculos entre los tratamientos dietéticos, lo que sugiere que la calidad del biofloc en los tanques era independiente de los niveles de PC en la dieta.

Estudios han demostrado que la tilapia puede utilizar biofloc, absorbiendo 24 - 32 % de su nitrógeno. El biofloc puede potencialmente sustituir una porción de las necesidades de proteína dietética, permitiendo una reducción en el contenido de proteína en alimento formulado. Sin embargo, el grado de esta sustitución varía dependiendo de la etapa de vida del pez. Se han reportado reducciones exitosas en proteína dietética de 28 - 33 % para tilapia que pesaba de 10 a 60 g y de 22 a 33 % para aquellas que pesaban de 60 a 230 g. En este estudio se encontró

una reducción de proteína del 24,5 al 32 % para tilapias con un peso de 41 a 87 g.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en índice de grasa visceral, índice hepatosomático e índice somático del bazo entre los tratamientos dietéticos, mientras que el índice visceral varió significativamente. Estos hallazgos pueden atribuirse a la capacidad de la tilapia para utilizar los carbohidratos de manera eficiente. Aunque no es estadísticamente significativo, los peces alimentados con la dieta más baja en proteína tuvieron el valor numérico más alto de índice hepatosomático. Curiosamente, se observó una tendencia de aumento de este índice con la disminución del nivel de proteína en la dieta, particularmente de 24 a 16 % CP, mientras que se observó la tendencia opuesta en los peces alimentados con dietas de 32 a 24 % CP. Esta discrepancia podría atribuirse al papel del biofloc observado en el rendimiento del crecimiento; los peces alimentados con dietas de 32 y 24 % de proteína mostraron un rendimiento de crecimiento similar, lo que sugiere una posible contribución del biofloc al crecimiento y la producción de tilapia.

El análisis de la composición corporal de los peces no reveló diferencias significativas entre los tratamientos dietéticos. Esto se alinea con los hallazgos de otros investigadores quienes no observaron diferencias significativas en la composición corporal de la tilapia criada en sistemas de biofloc y alimentadas con dietas de diferentes contenido proteico. Sin embargo, estudios en sistemas de agua limpia han informado tendencias de aumento de la proteína corporal total y disminución de los lípidos corporales con el aumento de los niveles de proteína dietética.

Las observaciones visuales a lo largo del experimento no revelaron anomalías físicas en los peces. Los parámetros hematológicos tampoco mostraron diferencias significativas entre los tratamientos dietéticos, lo que sugiere que el



biofloc puede contribuir a mejorar el sistema inmunológico de los peces alimentados con dietas bajas en proteínas. Hasta donde sabemos, ningún estudio publicado ha investigado los efectos de BFT y los niveles variables de proteína dietética (hasta 16%) en la hematología de la tilapia, lo que dificulta las comparaciones directas. Sin embargo, en un sistema de agua clara se encontraron diferencias significativas en los parámetros hematológicos de la tilapia alimentada con diferentes niveles de proteína. Se necesita más investigación para dilucidar los efectos específicos del biofloc en la función inmunológica de la tilapia en sistemas BFT con niveles variables de proteína dietética.

Además de sugerir una reducción de la proteína dietética para la tilapia criada en el sistema BFT, este estudio conlleva algunas limitaciones. El presente estudio no comparó el rendimiento de los peces en BFT con y sin unidades de manejo sólido; por lo tanto, no fue posible examinar el impacto del manejo sólido en el rendimiento de los peces. En el presente estudio, no se determinó la deposición de proteína en los peces, lo que podría explicar la utilización de proteína, así como la contribución de la proteína de los bioflóculos en peces criados en el sistema BFT. Aunque el objetivo del presente estudio fue reducir la proteína dietética para la tilapia criada en el sistema BFT, no se realizó un análisis económico ni una comparación de costo-beneficio. La comparación del análisis de costo-beneficio podría fortalecer el impacto de la reducción del contenido de proteína dietética para la tilapia criada en el sistema BFT para los pequeños acuicultores.

## Conclusión

Este estudio demuestra el potencial de la tecnología de biofloc para reducir los requerimientos de proteína dietética en la acuicultura de tilapia. Una reducción de proteína del 32 al 24,5 % en un sistema de BFT a pequeña escala mantuvo el crecimiento

y la salud de los peces, lo que sugiere un enfoque rentable para la producción de tilapia. Una reducción adicional de proteína (20 - 16 %) resultó en un menor rendimiento del crecimiento, lo que resalta la importancia de optimizar los niveles de proteína dietética en los sistemas de BFT. Curiosamente, los niveles de proteína dietética no afectaron significativamente la composición de los flóculos, la composición corporal de los peces ni diversos parámetros hematológicos.

Dado que la proteína es el elemento más costoso en los alimentos comerciales para acuicultura, reducir su contenido proteico reduciría el costo total de producción. Sin embargo, este estudio también destaca la necesidad de mayor investigación sobre las prácticas de manejo del sistema BFT. Si bien el biofloc ofrece una fuente natural de proteína y reduce la dependencia de alimentos comerciales costosos, la acumulación de sólidos provenientes de la adición de carbono exógeno y desechos nitrogenados puede representar desafíos. Este estudio no abordó el manejo de sólidos, que podría afectar la eficiencia general de la producción debido al aumento en la remoción de lodos y la necesidad de intercambio parcial de agua. La investigación futura debería centrarse en el desarrollo de estrategias rentables para el manejo de sólidos en sistemas de BFT de bajo costo, con el fin de optimizar la producción y minimizar el impacto ambiental.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Effect of Dietary Protein Levels on Growth, Body Composition, and Haematology of Tilapia in Biofloc Without Solid Management System." escrito por Debnath, S., Parvez, MS., Sadia, S., Hossain, KR. y Ahsan, MN. (2025). Publicado originalmente en *Aquac Fish Fish* 5(1):e70046.

<https://doi.org/10.1002/aff2.70046>

# EL SUEÑO DE LA ACUICULTURA DE UGANDA

Bob Atwiine



Trabajadores acuícolas de la finca Dewilos alimentando peces. (Foto: Bob Atwiine).

En el corazón del norte de Uganda, donde los exuberantes humedales se encuentran con el suelo tostado por el sol de la ciudad de Lira, se está gestando una revolución acuícola silenciosa.

En la finca de peces Dewilos, un centro de innovación y determinación de cinco acres, Fiona Achayo Birungi y su esposo, Felix Edie Owilo, están construyendo lo que se convertirá en el criadero de peces más grande de la región, una ambiciosa instalación con

capacidad para producir más de 800.000 alevines al año. Pero esta no es simplemente una historia sobre números. Es un testimonio de visión, resiliencia y una audaz reinención de cómo África puede alimentarse de manera sostenible mientras cultiva la prosperidad debajo de la superficie del agua.

Ubicada en Arecho Cell, Amuca Ward, división Lira West, ciudad de Lira, Achayo describe su rutina diaria como una combinación de manejo de criaderos, mantenimiento de

estanques, monitoreo de la calidad del agua y alimentación. Ella enfatiza la importancia de la eficiencia guiada por un plan de trabajo diario detallado y respaldada por una fuerza laboral dedicada y calificada.

Desde sus inicios en 2019, Dewilos ha evolucionado de ser un puñado de estanques modestos a una empresa modelo, integrando la piscicultura con la cría de cerdos, aves de corral e innovaciones orgánicas.

## Lecciones de los Países Bajos

Con los conocimientos de un viaje de capacitación patrocinado por el gobierno a los Países Bajos y honrada como la Mejor Acuicultora de Uganda en 2023, Achayo defiende las prácticas climáticamente inteligentes y el empleo de jóvenes en una región ignorada durante mucho tiempo y destrozada por la guerra y las inseguridades, pero llena de potencial.

"El viaje a los Países Bajos fue mi punto de inflexión como piscicultora", dice. "Aprendí sobre diseños innovadores de estanques, como estanques de concreto, sistemas eficientes de reciclaje de agua, alimentación sostenible e incluso métodos modernos de empaque. Hoy en día, tenemos cinco estanques de hormigón y hemos introducido estanques de bajo costo, hechos de madera y lona, ideales para los pequeños agricultores".

La granja ahora cuenta con 22 estanques de tierra, 11 estanques de lona y cinco estanques de concreto. Dewilos también cultiva azolla, una planta acuática rica en nutrientes, y cría larvas de mosca soldado negra (BSF), produciendo hasta 100 kilogramos diarios para alimentar a sus peces y aves de corral junto con un proyecto de cría de cerdos en crecimiento. La granja produce principalmente tilapia del Nilo y bagre.

"Estas innovaciones han mejorado significativamente la productividad y la sostenibilidad", agrega Achayo. "Los estanques de lona no solo son asequibles, sino que ofrecen un mejor control de la calidad del agua. Los alimentos orgánicos como azolla y BSF promueven un crecimiento más rápido y saludable de los peces".

## Abordar el cambio climático de frente

El norte de Uganda, con su clima semiárido, enfrenta un clima impredecible, altas temperaturas, lluvias erráticas y períodos de sequía prolongados. Achayo dice que el cambio climático ha afectado profundamente a la piscicultura local.

"Hemos visto lluvias extremas que inundan los estanques durante la estación húmeda, y en la estación seca, los estanques pueden secarse por completo", explica. "Esto requiere suministros de agua de respaldo y, a menudo, aumenta los costos operativos".

Dewilos ha implementado prácticas de adaptación al clima que incluyen búnkeres de estanques revestidos con cal y sacos llenos de sólidos, plantación de árboles para combatir la erosión y un sistema de bombeo de agua para transferir agua entre estanques. También se han construido dos estanques reservorios para garantizar la disponibilidad de agua durante todo el año.

La lucha contra el cambio climático no se ha detenido dentro y alrededor de la granja; la compañía ha tomado medidas adicionales para educar y apoyar a los productores locales en la comprensión del vínculo entre el cambio climático y la acuicultura, y adaptar sus propias prácticas en consecuencia. Proporciona capacitación y educación acuícola utilizando los medios de comunicación sobre prácticas de acuicultura climáticamente inteligentes. Una vez más, ha





Fiona Achayo y su esposo Felix Owilo enseñan a los pequeños piscicultores cómo producir alimento para larvas de mosca soldado negra. (Foto: Bob Atwiine).

ayudado a construir un sistema de reciclaje de agua para pequeños productores, capacitándolos para adaptarse al cambio climático. "Hemos dado a nuestros vecinos 20 árboles para plantar en su vecindario para garantizar que incluso el medio ambiente que nos rodea esté protegido para superar los efectos del cambio climático", dice.

Con las crecientes preocupaciones de la región sobre el uso sostenible y la conservación del agua, Achayo implementó sistemas eficientes de gestión del agua para minimizar el desperdicio y garantizar el uso sostenible del agua mediante la construcción de dos reservorios con el objetivo de recolectar y distribuir agua a los otros estanques.

## Echar una mano

Para garantizar la accesibilidad de los pequeños piscicultores, Dewilos se ha embarcado en el establecimiento de puntos de distribución en toda la región, facilitando a los pequeños productores el acceso a los alevines.

La compañía también ofrece precios competitivos para los alevines, haciéndolos

asequibles para los pequeños acuicultores, y brinda capacitación y apoyo a éstos sobre las mejores prácticas en la piscicultura, incluido el manejo y cuidado de los alevines.

"Tenemos asociaciones y colaboración con organizaciones locales, cooperativas y servicios de extensión para llegar a más pequeños productores y brindar el apoyo necesario. También monitoreamos y evaluamos regularmente la calidad de los alevines y la satisfacción de los pequeños acuicultores para identificar áreas de mejora", explica Achayo.

Con un crecimiento constante y una capacidad de producción creciente, Dewilos está preparada para expandirse por la región de África Oriental. "Ahora tenemos la infraestructura para escalar. Si bien nuestro principal mercado sigue siendo Uganda, especialmente el norte de Uganda, estamos explorando oportunidades de exportación a Kenia, Sudán del Sur y la República Democrática del Congo", dice Achayo. "Nuestra visión a largo plazo es convertirnos en un actor acuícola líder en África oriental, conocido por la calidad de los



alevines y las prácticas sostenibles. Estamos sentando las bases, fortaleciendo nuestra logística, redes de distribución y cumpliendo con los estándares regulatorios para las exportaciones". Actualmente, Dewilos es el principal proveedor de pescado para los distritos de Gulu, Oyam, Amuria, Kwanja, Omoro, Lira, Kole, Dokolo, entre otros.

## Aprendiendo de los mejores de África

Dewilos se inspira en criaderos exitosos en todo el continente. "Hemos estudiado modelos de acuicultura de Kenia, Nigeria y Egipto", dice Achayo. "Los programas de alevines resistentes a enfermedades y los sistemas de incubación de Kenia son impresionantes. El éxito de Nigeria radica en la producción innovadora de alimentos y en sólidas asociaciones público-privadas. De Egipto, hemos aprendido sobre la optimización del agua y la importancia de la investigación y el desarrollo".

Al aplicar estos conocimientos, Dewilos está construyendo sistemas de producción sostenibles, mejorando la calidad de los alevines y fomentando las colaboraciones con acuicultores, investigadores y actores del sector privado locales.

Felix Eddie Owilo, copropietario de la granja con su esposa Achayo, agrega que Dewilos se está convirtiendo rápidamente en un líder en innovación acuícola en el norte de

Uganda. "Uno de los mayores desafíos en la piscicultura es el costo y la disponibilidad de alimentos de calidad", señala. "Hemos abordado eso cultivando nuestras propias larvas de BSF y azolla. Nos ha permitido producir pescado más saludable y de manera más asequible. La producción de BSF reduce los costos de compra de salvado de maíz y de los filetes. Produces tus propias BSF, tienes tu propia azolla y tus gastos de alimentación se reducen", explica Owilo.

Dewilos también es pionera en el cruce de reproductores para mejorar la calidad genética y las tasas de crecimiento. La granja ahora es capaz de criar tilapia que pesa alrededor de 800 g a 2 kg después de nueve meses y bagre de 1,5 a 2 kg después de seis meses. Para lograr una producción constante y de alta calidad de alevines, Dewilos está invirtiendo en prácticas de manejo rigurosas a nivel del laboratorio de cría de larvas.

"Seleccionamos cuidadosamente los reproductores por su resistencia a las enfermedades y su diversidad genética", explica Owilo. "Los cultivamos durante uno o dos años antes de reproducirlos. Monitoreamos la calidad del agua y seguimos los procedimientos operativos estándar para el desove, la cría de larvas y la producción de alevines". Estos sistemas garantizan que Dewilos entregue alevines sanos y confiables para los acuicultores de toda la región.



## Mirando hacia el futuro

Desde sus humildes comienzos en 2019 hasta convertirse en el mayor proveedor de pescado y alevines del norte de Uganda, el viaje no ha sido fácil. "Nos enfrentamos a grandes obstáculos", recuerda Owilo. "La falta de personal calificado, los altos costos operativos y el acceso limitado a alimentos de calidad asequibles fueron desafíos importantes. Inicialmente, financiamos la granja con nuestros salarios y pequeños préstamos".

La importación de alimentos sigue siendo costosa y la tecnología para producirlos localmente aún es limitada, especialmente para los alevines. Al cultivar azolla y BSF, la granja ha reducido significativamente los costos sin comprometer la calidad.

Owilo explica que la compañía planea asociarse con otros criaderos en África Oriental y más allá en las áreas de investigación y desarrollo colaborativos, intercambio de experiencia y tecnología, producción y distribución coordinadas y acuerdos comerciales para facilitar las transacciones transfronterizas.

"Veo un potencial significativo para las asociaciones transfronterizas y las cadenas de valor regionales en la acuicultura. La región de África Oriental, en particular, presenta oportunidades de colaboración y beneficio mutuo. Por ejemplo, asociarse con criaderos o piscifactorías en países vecinos podría permitir el intercambio de materiales genéticos, mejores prácticas y tecnología", dice.

"Las cadenas de valor regionales también podrían mejorar el acceso al mercado, permitiendo a criaderos como Dewilos suministrar alevines o productos pesqueros a una base de clientes más amplia. Esto podría conducir a economías de escala, mejor calidad y mayor competitividad".

Subraya que, al trabajar junto con otros países de la región, Dewilos y otros criaderos pueden aprovechar nuevas oportunidades, hacer crecer sus negocios juntos, crear y mejorar la estabilidad del mercado, crear empleos para la comunidad local y aumentar el suministro de alimentos.

Owilo pide la armonización de los estándares y regulaciones de los criaderos de peces en todos los países africanos para garantizar la producción y el comercio de alevines de calidad. Dice que esto es crucial para garantizar la calidad, facilitar la colaboración regional, mejorar el control de calidad y promover prácticas de acuicultura sostenibles.

"Nuestro sueño es convertirnos en la piscifactoría más grande del norte de Uganda", concluye Owilo. "Queremos crear conciencia sobre la acuicultura, garantizar la seguridad alimentaria e impulsar la economía de la región. Nuestro objetivo es expandir las operaciones, convertirnos en la fuente de alevines más confiable, mantener una producción acuícola constante, crear más empleos y promover prácticas sostenibles".

A medida que África abraza la promesa de la economía azul, Dewilos Fish Farm bien puede ser el modelo que el continente necesita, donde la innovación, la resiliencia y la sostenibilidad convergen para alimentar un futuro desde debajo de la superficie del agua.

[https://www.hatcheryinternational.com/ugandas-aquaculture-dream/?oly\\_enc\\_id=135014976523H8F](https://www.hatcheryinternational.com/ugandas-aquaculture-dream/?oly_enc_id=135014976523H8F)



# VENERADOS Y VILIPENDIADOS: LA DIFÍCIL SITUACIÓN DE LOS PEPINOS DE MAR QUE SE DESVANECEN

Cuerpo editorial de El Acuicultor

## INTRODUCCIÓN

La situación de los pepinos de mar refleja un problema más amplio en la forma en que la humanidad muestra, estudia, gestiona y protege los recursos naturales del planeta. A pesar de que los océanos cubren casi tres cuartas partes del globo y contienen aproximadamente el 95 % del espacio vital posible para la vida, la atención pública se centra principalmente en especies terrestres y en animales carismáticos, dejando de lado a ciertas especies marinas. Los pepinos de mar, con unas 1,800 especies distribuidas en diversos hábitats marinos, tienen un papel ecológico fundamental en las cadenas alimenticias, la circulación de nutrientes y los procesos biogeoquímicos. Sin embargo, su valor comercial ha llevado a una sobreexplotación. La pesca ilegal y el contrabando amenazan las especies y los servicios ecosistémicos que proporcionan.

La alta demanda y el valor económico de los pepinos de mar han provocado prácticas de pesca insostenibles, con efectos devastadores en sus poblaciones y en la salud de los ecosistemas marinos. A

medida que muchas especies enfrentan un declive alarmante, surge la pregunta de qué pasará si su desaparición se generaliza, y si todavía es posible revertir esta tendencia. A continuación se analizan las causas principales, las particularidades regionales y las brechas en el conocimiento y manejo de estos organismos, resaltando la importancia de adoptar medidas efectivas para su conservación y la protección de los servicios ecosistémicos que brindan en los océanos del mundo.

## RETRATO DE LA SITUACIÓN: ¿PESIMISMO Y FATALIDAD?

### Acerca de los datos disponibles

La gestión exitosa de los recursos acuáticos a nivel mundial requiere información precisa y actualizada sobre su estado de conservación, explotación y comercio. Los datos disponibles públicamente sobre los pepinos de mar se encuentran en las bases de datos de la FAO, como Producción Mundial de Captura, Producción Mundial en Acuicultura y Estadísticas Globales de Comercio Acuático.



**Figura 1.** Muestra de diversidad y estados de conservación del pepino de mar. Los círculos identifican las especies clasificadas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como en peligro (EN) o vulnerables (VU), y los sellos rectangulares identifican además las especies también incluidas en el Apéndice II (rojo) o el Apéndice III (amarillo) de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Sin embargo, la información presentada en estos registros muestra inconsistencias en las métricas, sub registro en algunas regiones y falta de datos específicos por especie. Además, la forma en que se comercializan, ya sea en productos secos, frescos, congelados o salados, complica las estimaciones precisas, dado que los diferentes métodos de conversión y las variaciones en las prácticas comerciales afectan la fiabilidad de los datos. A pesar de los esfuerzos de la FAO por validar

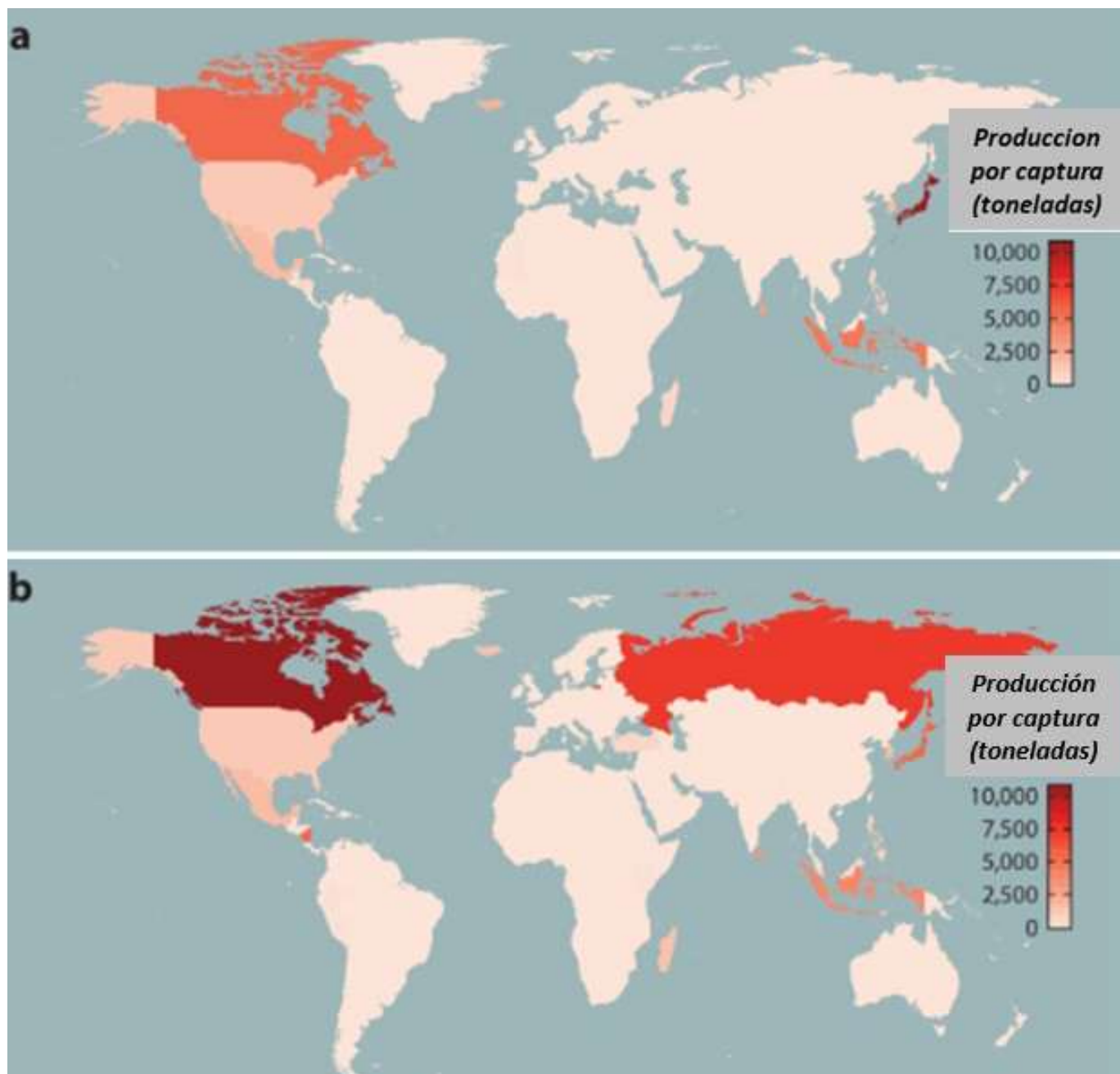
y estandarizar la información, persisten estas limitaciones, lo que dificulta obtener una visión completamente precisa de las tendencias globales en la producción y el comercio de los pepinos de mar.

### Producción de captura de pepino de mar

Entre 2011 y 2021, las exportaciones y el comercio de pepinos de mar experimentaron un aumento significativo, según la base de datos de la FAO. A pesar

de preocupaciones sobre la conservación de las poblaciones silvestres, la producción mundial ha permanecido alta, alcanzando aproximadamente 50.000 toneladas en 2021, tras un pico de 62.000 toneladas en 2018. La caída reciente se atribuye a cambios en los patrones de pesca durante la pandemia

global. En 2021, la producción comercial fue 5.000 toneladas mayor que en 2011 (+11 %). Desde 2011, cinco nuevos países reportaron comercio de pepinos de mar a la FAO: Rusia, Turquía, Perú, Francia y Croacia. Rusia, Nicaragua y Canadá lideran el aumento en la captura comercial, mientras que Japón,

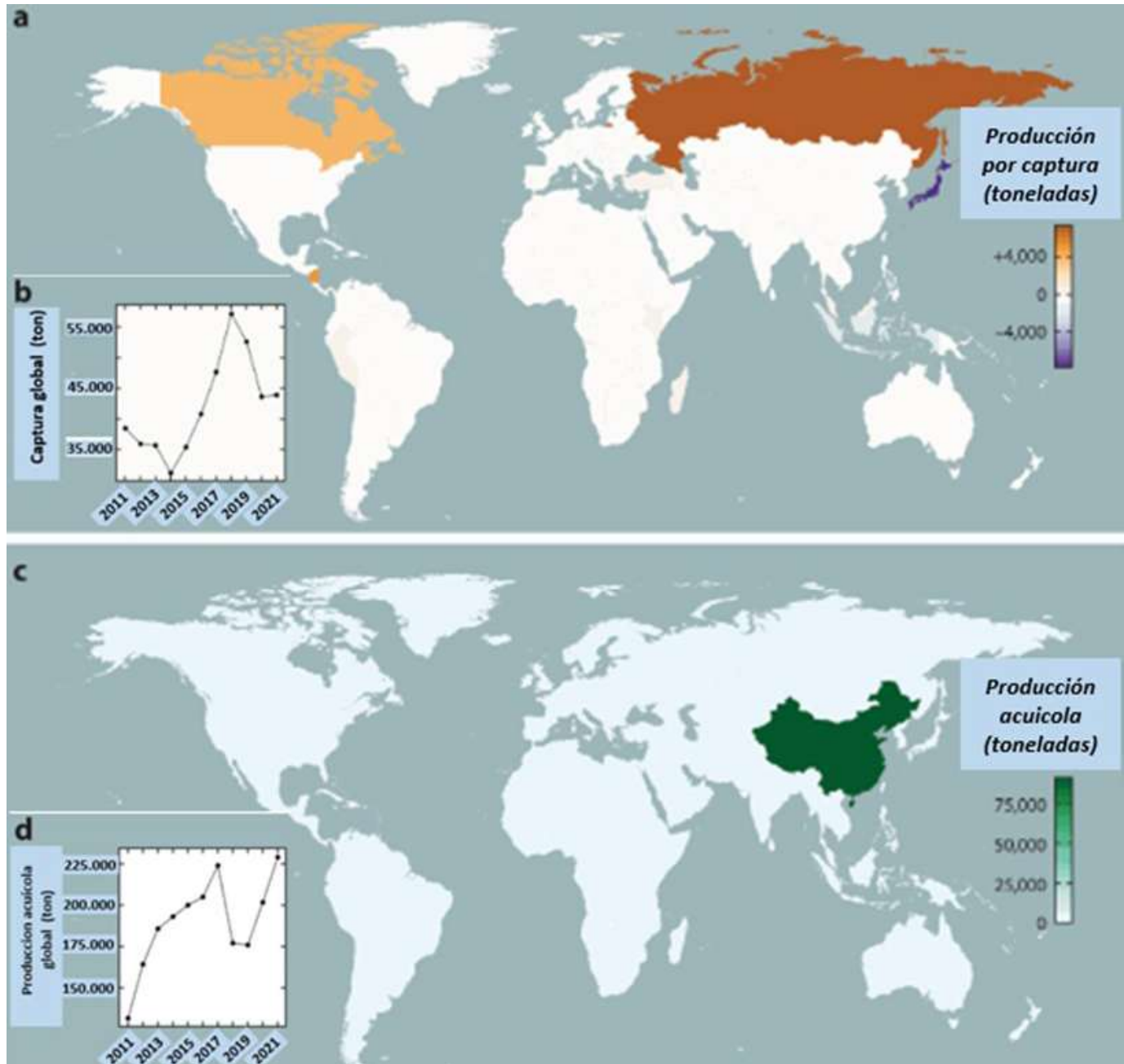




Indonesia e Islandia han registrado las mayores disminuciones.

Se debe tener precaución al interpretar los datos de la FAO, ya que provienen de informes autodeclarados y pueden basarse en pesos

procesados en lugar de pesos vivos, lo que subestima la escala real de las pesquerías de pepinos de mar a nivel mundial. Además, existen capturas ilegales, no reportadas en muchas regiones.



**Figura 3** (a) Mapa del cambio neto en la captura de pepino de mar entre 2011 y 2021. (b) Fluctuaciones en el total de capturas de pepinos de mar durante el mismo período. (c) Mapa del cambio neto en la producción acuícola de pepino de mar 2011 y 2021. (d) Fluctuaciones en la producción mundial total de pepinos de mar durante el mismo período. Cifra de la FAO expresadas como pesos húmedos vivos o equivalentes en peso vivo.

## Producción acuícola de pepino de mar

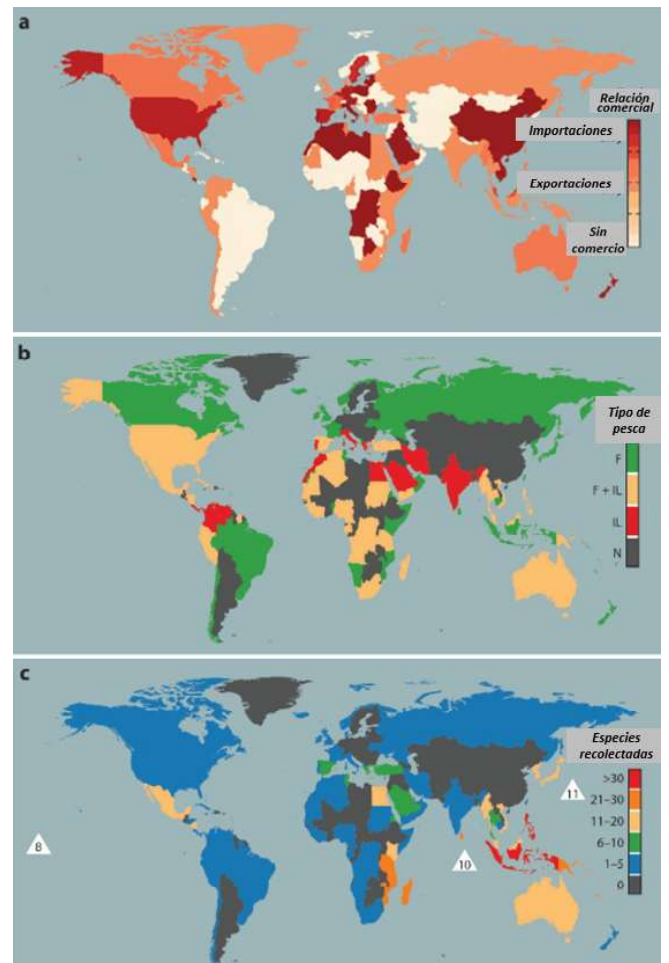
La producción acuícola de pepinos de mar aumentó desde 2011, alcanzando un pico en 2017 y, tras una caída en 2018 y 2019, volvió a subir a unas 225.000 toneladas en 2021, con China y Rusia como principales contribuyentes. La acuicultura crece más rápido que la pesca, aunque Rusia aún captura más que lo que produce en acuicultura y China, el mayor productor acuícola, no reporta sus capturas silvestres. En contraste, Canadá es el principal proveedor de pepinos de mar silvestres, sin producción acuícola. Sin embargo, existe una deficiencia de datos en la base de datos de la FAO, como en el caso de Madagascar, que ha expandido su industria acuícola, pero no tiene datos disponibles, dificultando obtener una visión completa de la situación.

## Valor comercial del pepino de mar

La base de datos de la FAO sobre comercio acuático Mundial (2024) reporta que hasta 2021, 110 países y territorios participaron en el comercio global de pepinos de mar, con un valor aproximado de 467 millones de dólares anuales. De ellos, 41 solo exportaron, 31 solo importaron y 38 hicieron ambas cosas. Los principales exportadores en volumen en 2021 fueron Canadá, Rusia, Hong Kong, Malasia y Taiwán, mientras que los principales importadores fueron Arabia Saudita, China, y EE. UU. Al considerar el valor en USD, los principales exportadores fueron Japón, Canadá, Hong Kong, Corea del Sur y Nicaragua, y los principales importadores fueron China, Taiwán, EE. UU. y Singapur. China sigue siendo el principal consumidor final de productos de pepinos de mar.

## Tendencias de la pesca en todo el mundo (incluidas las empresas ilegales)

Desde 1991, 96 países y territorios han participado en la pesca de pepinos de mar, con otros 15 países sospechosos de hacerlo,



**Figura 4** a) Comercio mundial de pepinos de mar en 2021. b) Panorama general de las pautas de pesca del pepino de mar en todo el mundo (F, pesca legal, incluida la pesca de subsistencia y comercial; IL, pesca ilegal y caza furtiva; N, sin pesca o sin datos). c) Número de especies que se pescan en todos los países, con triángulos blancos que indican el número de especies incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN y/o en la CITES.

principalmente en África, donde el comercio ilegal y la subdeclaración son problemáticos. La recopilación de datos proviene de diversas fuentes, incluyendo bases de datos, revisiones publicadas, literatura gris y la experiencia regional de los autores. Se estima

que más de 50 países enfrentan actividades ilegales de pesca y caza furtiva, muchas veces en áreas protegidas o de exclusión pesquera, y esta cifra probablemente subestima la magnitud real. A pesar de contar con herramientas de conservación como áreas protegidas y cierres temporales, el 96 % de los países con actividades ilegales tienen dichas medidas, pero muchas no son suficientemente efectivas. Además, el 44 % de estos países pueden estar capturando especies vulnerables en peligro de extinción, lo que resalta la necesidad de evaluar y mejorar la eficacia de las medidas conservacionistas.

## MEDIDAS DE CONSERVACIÓN: UNA MANTA FINA CON AGUJEROS

Las medidas de conservación, que se aplican a nivel local, nacional e internacional, incluyen acciones, fuentes de información, acuerdos e instrumentos legales para proteger y restaurar especies amenazadas. Estas difieren de las medidas de gestión, que son regulaciones y actividades para promover una explotación sostenible de los recursos pesqueros. Las restricciones directas a la pesca no se abordan en esta revisión, ya que se centran en la conservación en lugar de la regulación de la producción pesquera. Además, las medidas internacionales a menudo impulsan las acciones a nivel nacional, por lo que ambos niveles deben considerarse interrelacionados.

### Medidas nacionales

A nivel mundial, los gobiernos nacionales han implementado medidas para proteger la biodiversidad y abundancia de la biota marina, incluyendo el uso de moratorias, reservas marinas de no-toma y acuicultura.

Las moratorias son prohibiciones temporales o continuas de pesca para evitar la sobreexplotación y permitir la recuperación de las poblaciones, habiendo sido aplicadas en varios países tras casos de sobreexplotación severa. Algunas moratorias, implementadas antes de una sobreexplotación total, han sido efectivas a largo plazo, aunque su éxito varía según la especie y la intensidad de la explotación. La efectividad de estas medidas depende de que se apliquen a tiempo, preferiblemente antes de que ocurran daños severos. Además, ciertos países han prohibido la pesca comercial para conservar especies para el consumo tradicional, pero en algunos casos estas restricciones no han logrado mantener las poblaciones saludables, especialmente cuando se permite el consumo doméstico. En resumen, las medidas de protección requieren una aplicación temprana y comprehensiva para ser efectivas.

Las reservas marinas de no-toma son importantes para conservar las poblaciones de pepinos de mar localmente, protegiendo la reproducción y la disponibilidad de larvas, aunque su efectividad varía según el tamaño, la ubicación, la aplicación y la existencia de una red de reservas. Muchas reservas no son suficientes por sí solas y pueden ser vulnerables a la pesca furtiva, especialmente en áreas remotas. En algunos casos, las poblaciones de pepinos de mar son mayores dentro de reservas, pero los resultados son específicos del sitio y dependen de una planificación adecuada. La acuicultura se considera una posible medida de conservación, proporcionando una fuente alternativa para satisfacer la demanda del mercado y reducir la presión sobre las poblaciones silvestres. Sin embargo, su desarrollo ha sido limitado a pocas especies, y su éxito en reconstituir poblaciones naturales ha sido escaso, debido a altos costos, problemas genéticos y de manejo,



además de que la demanda global sigue siendo insaciable, manteniendo elevados los precios. En general, tanto las reservas marinas como la acuicultura enfrentan desafíos para ser efectivas en la recuperación de las poblaciones de pepinos de mar.

### La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN

La Lista Roja de la IUCN es una herramienta reconocida globalmente para evaluar y clasificar el estado de conservación de las especies, proporcionando información sobre su biología, amenazas y distribución, y sirviendo como llamada a la acción para gobiernos y organizaciones. La categorización se basa en criterios como tamaño poblacional, distribución, reproducción y amenazas, y las especies en categorías como vulnerable o en peligro están en riesgo. Sin embargo, su principal limitación es la infrecuencia de evaluaciones formales, habiendo solo una realizada en 2010 para los pepinos de mar, con ninguna actualización posterior. Se aboga por evaluaciones más frecuentes y mejor integración con otras herramientas de conservación para fortalecer su efectividad.

## CITES

La CITES es un acuerdo multilateral sobre el medio ambiente que regula tanto el comercio internacional como la introducción de todos los animales y plantas (o derivados) enumerados en sus apéndices.

### - CITES y pepinos de mar.

La especie *Isostichopus fuscus* fue la primera en ser incluida en el Apéndice III de CITES en 2002, tras un intento de Ecuador de controlar su pesca en las Islas Galápagos. En 2019, tres especies *Holothuria fuscogilva*, *H. nobilis* y *H. whitmaei* fueron añadidas al Apéndice II, con efecto en 2020, y en 2022, tres especies del género *Thelenota* (*T. ananas*, *T. anax* y *T.*

*rubralineata*) también fueron incluidas en ese apéndice, con efecto en 2024. La inclusión en CITES ayuda a regular el comercio de estas especies mediante permisos de exportación y reexportación, aunque actualmente hay poca información sobre sus exportaciones e importaciones. Todos los países miembros deben presentar informes anuales de comercio. Antes de emitir permisos de exportación, las autoridades nacionales deben realizar una evaluación de conservación sin detrimento (NDF), que puede incluir límites de captura y cuotas. Para los ejemplares cultivados en cautiverio, se requiere prueba de crianza en cautividad, especialmente en países que aplican cuotas de captura total.

### - Aplicación y eficacia de la legislación CITES.

Al proponer especies de pepino de mar para listados en CITES, se consideran factores como incertidumbres taxonómicas y la capacidad de distinguir especies similares, además de que las autoridades nacionales deben contar con la capacidad para realizar evaluaciones de conservación sin detrimento (NDF) y determinar adquisición legal. Aunque existe orientación de CITES, se necesita mayor apoyo para fortalecer los marcos legales. Algunos países, como Fiji, Filipinas y Yemen, han optado por prohibir todas las exportaciones debido a dificultades en cumplir con las regulaciones. Países en desarrollo, como las Islas Salomón y Vanuatu, no lograron completar estudios NDF satisfactorios, mientras que Tonga y Maldivas concluyeron que no debían permitirse exportaciones. En otros países, como Nueva Caledonia, Indonesia y Papúa Nueva Guinea, las NDF respaldaron exportaciones bajo estrictas regulaciones, aunque no siempre se aplicaron plenamente. Incluso países con recursos, como Australia, enfrentan desafíos para producir NDFs debido a limitaciones de datos y financiamiento. La capacitación y conciencia en toda la cadena de valor,

especialmente en comunidades remotas que dependen del pepino de mar para su sustento, son esenciales para facilitar el cumplimiento de las regulaciones y apoyar la conservación y sostenibilidad del recurso.

La implementación de los requisitos comerciales de la CITES también depende de la educación y la sensibilización a lo largo de toda la cadena de valor. En muchos casos, los pescadores de localidades remotas dependen de las reservas de pepinos de mar para su seguridad alimentaria y sus medios de vida, pero a menudo desconocen los tratados internacionales, como la CITES, que pueden actuar como barreras al comercio y, por lo tanto, afectar sus medios de vida. En general, además del apoyo técnico a las autoridades científicas para la preparación de los DENP, se necesita apoyo a nivel de base para informar a los trabajadores pesqueros (pescadores, comerciantes y exportadores) sobre los requisitos y beneficios de los protocolos de la CITES.

#### **- Controversias y rumbos futuros.**

CITES apoya la definición de uso sostenible del Convenio sobre Diversidad Biológica y recomienda usar las Directrices de Addis Ababa para decisiones de NDF. Sin embargo, las decisiones de listado en CITES se basan principalmente en el riesgo de extinción, con impactos en medios de vida y seguridad alimentaria como consideraciones secundarias, lo que puede generar controversia, especialmente en comunidades que dependen del pepino de mar. Se proponen cambios para incluir impactos sociales y fortalecer la participación comunitaria en las decisiones, pero algunos esfuerzos, como la inclusión de estos aspectos en 2022, fueron rechazados. Aunque CITES lleva más de 50 años, aún enfrenta desafíos en la efectividad de la conservación y control del comercio, y la implementación puede retrasar la entrada en vigor de los listados. Un listado en el

Apéndice II podría mejorar la gestión de las pesquerías y proteger medios de vida, pero requiere mejor gobernanza, gestión y transparencia, especialmente en países con economías informales y alta corrupción. Además, el comercio ilegal, impulsado por la creciente venta en línea, sigue siendo un problema. Mejorar la gestión y la cooperación internacional es clave para la sostenibilidad de las poblaciones de pepino de mar y sus beneficios socioeconómicos, con o sin la inclusión en CITES.

## **GOBERNANZA: LO BUENO, LO MALO Y LO FEO**

Las pesquerías de pepino de mar varían significativamente entre países pobres y ricos en cuanto a escala, extensión, participación comunitaria y recursos financieros. Las pesquerías a pequeña escala, comunes en países en desarrollo y regiones tropicales, utilizan barcos pequeños y equipo sencillo, mientras que las grandes pesquerías industriales en países desarrollados operan con barcos grandes y tecnología avanzada. La rápida expansión de estas pesquerías, similar a un síndrome de bandido errante, ha llevado a una explotación global en el 90 % de las costas tropicales, dificultando la respuesta de gestores locales e institucionales para evitar la sobrepesca. Las prioridades conflictivas entre los medios de vida de los pescadores y los intereses comerciales han limitado la recopilación de información necesaria para una gestión efectiva. La mayoría de estas pesquerías recientes están asociadas con gobernanza débil y codicia, aunque algunos casos, como en Canadá, han tenido éxito gracias a una gobernanza sólida y liderazgo indígena, logrando una explotación sostenible. La existencia de comercio ilegal también complica la gestión global de la explotación del pepino de mar.

### **Pesquerías de pepinos de mar en pequeña escala.**

Las pesquerías pequeñas de pepino de mar en regiones tropicales, principalmente en países pobres, involucran a unos 3 millones de pescadores que trabajan en actividades de subsistencia o con apoyo limitado, aunque algunos operadores controlan equipos y mercados mediante intermediarios y exportadores. La sobrepesca impulsada por la competencia y la búsqueda de beneficios ha llevado a la rápida disminución de las poblaciones, con actividades clandestinas y falta de gobernanza efectiva, especialmente en lugares como Papúa Nueva Guinea. La gestión a nivel comunitario ha tenido resultados limitados, pero puede mejorarse mediante enfoques que compartan responsabilidades entre gobiernos y comunidades, con regulaciones nacionales para tamaño, temporadas y especies protegidas, complementadas por decisiones locales. Sin embargo, la gobernanza sigue siendo débil en muchos casos, y se requiere fortalecer el control sobre el comercio, las exportaciones y las actividades ilegales para asegurar la sostenibilidad de los recursos.

### **Pesquerías de pepinos de mar a escala industrial.**

Las pesquerías industriales de pepino de mar en países desarrollados, con fuertes recursos económicos y un sector de procesamiento avanzado, suelen operar con pocos barcos en grandes áreas marinas, bajo un modelo de gestión de mando y control (top-down). Aunque algunas de estas pesquerías usan retroalimentación socioecológica y regulaciones informadas, muchas enfrentan problemas por falta de investigación independiente y control confidencial de datos, lo que puede llevar a sobreexplotación. Ejemplos en Canadá y Australia muestran una regulación a nivel federal o estatal, con requisitos de reporte y monitoreo, pero la gestión y los recursos económicos no

siempre aseguran una explotación sostenible ni la conservación de las poblaciones de pepino de mar.

**Oeste de Canadá:** La pesquería de *Apostichopus californicus* comenzó en 1971 y ha logrado una gestión colaborativa y adaptativa exitosa, basada en evaluaciones de stock independientes, investigación científica y participación de comunidades indígenas y la industria. La temporada de extracción dura ocho semanas al año, con buzos como pescadores, y ha implementado restricciones espaciales, de tamaño y rotación de áreas para monitoreo y sostenibilidad. La gestión incluye una consulta activa entre gestores y pescadores, con un plan de trabajo anual que financia y regula las actividades. Este sistema ha sido un ejemplo global de sostenibilidad en pesquerías de pepino de mar.

**Este de Canadá:** La pesquería de *Cucumaria frondosa* en el Atlántico, aunque relativamente reciente, es considerada la más grande del mundo en captura silvestre, habiendo pasado de un modo experimental a comercial en 2011-2012. Se caracteriza por un enfoque de alto volumen, aprovechando las técnicas de arrastre, con gestión que incluye monitoreo mediante sistemas de seguimiento de embarcaciones y observadores en el mar. La temporada de pesca varía según la provincia, y la gestión se realiza a través de comités consultivos regionales con participación de gestores, industria y otros.

**Queensland, Australia:** La pesquería industrial de pepinos de mar en la Gran Barrera de Coral y los parques marinos de Australia opera con pocas licencias controladas por una sola entidad, mediante grandes embarcaciones que trabajan a cientos de kilómetros en alta mar. La cosecha se realiza a mano y la gestión incluye sistemas de monitoreo, esquemas rotativos de tres años, límites de tamaño y capturas máximas



permitidas. La gobernanza es centralizada entre el gobierno de Queensland y la industria, con asesoramiento y acuerdos confidenciales, lo que limita el acceso a datos públicos sobre esfuerzo y distribución de la pesca.

## PERSPECTIVAS: PUEDE QUE NO HAYA UNA TALLA ÚNICA PARA TODOS

La sobreexplotación mundial de los pepinos de mar preocupa por su papel crucial en los ecosistemas marinos. Estas especies contribuyen a la bioturbación, redistribuyen sedimentos y facilitan la circulación de nutrientes, especialmente en entornos oligotróficos como los arrecifes de coral. Además, mejoran la alcalinidad del agua, ayudando a mitigar la acidificación oceánica y el daño a los corales, y apoyan a numerosos organismos simbiotes, aumentando la biodiversidad. La extracción de pepinos de mar puede deteriorar la salud del sedimento, reducir el ciclo de nutrientes, afectar la química del agua y disminuir la biodiversidad. Aunque su protección tiene beneficios claros, su conservación efectiva puede variar según sus características biológicas diversas, pero existen estrategias que pueden explorarse para su protección.

### **Respeto a los ciclos de vida y a los viveros.**

La biología poblacional de los pepinos de mar varía ampliamente, con algunas especies realizando múltiples ciclos reproductivos anuales y larvas que permanecen en estado planctónico desde días hasta semanas. Por ejemplo, *Isostichopus fuscus* puede desovar hasta 12 veces al año, produciendo millones de larvas, mientras que *Cucumaria frondosa* en el Atlántico norte solo desova una vez al año con menos huevos. La duración de la vida también difiere, desde menos de un año en especies tropicales hasta varias

décadas en especies de aguas frías. La protección durante los periodos de desove, especialmente en especies con desoves cortos y sincronizados, puede ser efectiva, pero en especies con desoves dispersivos y prolongados, se requiere un conocimiento más profundo sobre su ciclo reproductivo, incluyendo la proporción de individuos reproductivos y la intensidad de la liberación de gametos, para establecer medidas de conservación apropiadas. Un vacío importante en el manejo de estas especies es la identificación de hábitats de cría, donde las larvas se asientan y los juveniles se desarrollan; solo unos pocos hábitats de cría han sido descritos, y éstos suelen estar en áreas costeras sometidas a presiones antropogénicas como sedimentos, turismo y contaminación, lo cual plantea desafíos adicionales para su protección.

La conservación de hábitats de cría puede ser clave para mantener las poblaciones de pepinos de mar, funcionando como amortiguadores contra la sobreexplotación y potencialmente aumentando las capturas en áreas cercanas mediante suministro larvario. Por tanto, la protección y gestión de las zonas de cría y engorde deberían recibir mayor atención, incluyendo investigaciones sobre la dispersión larvaria y los procesos ecológicos que ocurren en los límites entre ecosistemas, para garantizar la sostenibilidad de las poblaciones a largo plazo.

### **Cambiar la responsabilidad e integrar las ciencias de la conservación y la delincuencia.**

La supervivencia de la mayoría de las especies de pepinos de mar depende en gran medida de medidas regulatorias y de conservación que controlan la pesca, pero estas últimas afectan principalmente a los primeros eslabones de la cadena de valor, que son los más vulnerables y menos propensos a priorizar la conservación por motivos económicos. Para reducir la explotación, se sugiere disminuir la presión en los

compradores intermedios y finales mediante monitoreo y multas, además de fortalecer el control internacional, aunque esto es complejo. La demanda de los consumidores sigue alimentando la pesca ilegal. Expertos señalan que integrar las ciencias del crimen y la conservación puede mejorar la lucha contra el comercio ilegal, ejemplificado en México y la creación de reservas específicas, como en India, que busca proteger a los pepinos de mar mediante medidas legales innovadoras.

## LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES

Este artículo enfatiza la difícil situación de los pepinos de mar, la cual resuena en todo el mundo, mientras que, paradójicamente, todavía no se escucha plenamente. Las posibles soluciones no son fáciles ni universales, pero las experiencias colectivas de las partes interesadas han ayudado a extraer lecciones importantes y una serie de recomendaciones:

**1.** Para que se implementen las acciones adecuadas, se requiere un conocimiento mucho mejor de los pepinos de mar, incluidas las especificidades biológicas de las especies pescadas, a través de investigaciones específicas, educación y conciencia pública, así como mediante capacitación y herramientas para los administradores de pesquerías y otras partes interesadas.

**2.** Los datos sobre la producción y el comercio de pepinos de mar deben normalizarse y optimizarse para ofrecer una imagen clara de los niveles de captura y para un seguimiento más eficaz.

**3.** La acuicultura a gran escala de preciadas especies de pepinos de mar no disminuye la demanda de capturas silvestres, y su eficacia para restaurar las poblaciones naturales sigue siendo limitada.

**4.** La escasez de estudios poblacionales representa una brecha crítica para avanzar en la conservación de los pepinos de mar a través de los listados de la CITES. La implementación de estos últimos se ve limitada por la capacidad de cumplimiento de los países menos desarrollados (donde se encuentran la mayoría de las especies incluidas en los Apéndices).

**5.** Incluso las estrategias de cogestión y los medios financieros de los países desarrollados no garantizan la cosecha sostenible y la conservación de los pepinos de mar, lo que exige compromisos a lo largo de toda la cadena de valor, incluido un mayor control en las puertas de compra y exportación.

**6.** En el futuro, las medidas de conservación deberían tratar de integrar el conocimiento de los viveros y otros rasgos pertinentes del ciclo vital (cuando se conozcan) y tener en cuenta las perturbaciones antropogénicas y provocadas por el clima cada vez más frecuentes para delimitar las zonas protegidas adecuadas, con medidas específicas en toda la cadena de valor.

**7.** El aumento de las actividades ilegales y los delitos relacionados con los pepinos de mar están oscureciendo los patrones de explotación y comercio e impidiendo las estrategias de gestión y gobernanza, lo que indica que debe prestarse mayor atención a la integración de la delincuencia y la conservación.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Revered and Reviled: The Plight of the Vanishing Sea Cucumbers" escrito por Mercier, A., Purcell, SW., Montgomery, EM., Kinch, J., Byrne, M. y Hamel, JF (2025). Publicado originalmente en *Annual Review of Marine Science*. Volume 17: 115-142.

<https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032123-025441>

# TRATAMIENTOS DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN PECES ORNAMENTALES DE AGUA DULCE, INFORMACIÓN BASADA EN ENCUESTAS A AFICIONADOS, MINORISTAS E INVESTIGADORES/ EXPERTOS EN EL REINO UNIDO

Cuerpo editorial de El Acuicultor

## Introducción

Las enfermedades infecciosas acuáticas representan una amenaza significativa para el comercio de peces ornamentales. El comercio minorista de peces de acuario ha crecido rápidamente en las últimas décadas (14 % anual desde la década de 1970) y ahora ha alcanzado más de 1.500 millones de peces que se mueven entre países cada año. La mayoría son especies de agua dulce, con más de 5.300 especies de peces de agua dulce y 1.450 especies de peces marinos comercializados como mascotas. El valor minorista total actual del comercio de peces ornamentales se estima entre 11 y 22,5 mil millones anuales de libras esterlinas.

El comercio de esta actividad involucra a pescadores, criadores, exportadores/proveedores, mayoristas y minoristas especializados y se estima que, debido a

la complejidad y dinámica del comercio de peces ornamentales, alrededor de dos millones de personas están involucradas en el mismo. De acuerdo con la legislación de la Unión Europea (UE) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), los peces se someten a controles sanitarios y de bienestar en inspecciones fronterizas antes de ser recogidos por mayoristas y consolidadores. Las medidas específicas implementadas dependen del origen de las importaciones y generalmente requieren que los importadores presenten un plan de bioseguridad. A lo largo de la cadena de suministro, desde el productor al consumidor final, existen desafíos de condiciones de mantenimiento inadecuadas, mala calidad del agua y condiciones de manejo y transporte subóptimas, todo sujeto a enfermedades infecciosas, con tasas de mortalidad de los peces que generan





importantes preocupaciones económicas y de bienestar

Las enfermedades infecciosas son una amenaza importante para el comercio de peces ornamentales, solo superadas por los problemas de calidad del agua, ya que los peces con frecuencia desarrollan infecciones bacterianas, virales, fúngicas y parasitarias. Los patógenos bacterianos clave para el comercio ornamental incluyen *Flavobacterium columnare*, *Edwardsiella* spp., *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. y *Vibrio* spp. Las infecciones fúngicas también están muy extendidas, con *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Mucor* spp. asociadas con una mortalidad significativa de peces, con oomicetos similares a hongos, como *Saprolegnia*, *Achlya* y *Dictyuchus* spp.,

también prevalentes en especies de agua dulce debido a su amplia gama de hospederos. Los parásitos comunes en el comercio incluyen *Piscinoodinium* spp. (enfermedad del terciopelo), *Ichthyophthirius multifiliis* (mancha blanca), gusanos branquiales y de piel, *Gyrodactylus* spp. y *Dactylogyrus* spp., así como nematodos *Camallanus* spp. Las enfermedades parasitarias facilitan las infecciones secundarias y las coinfecciones son la norma, lo que dificulta aún más el tratamiento eficaz de los peces. Además, la exposición a factores estresantes durante periodos prolongados de tiempo puede comprometer el sistema inmunológico del hospedero, haciéndolo aún más susceptible a la infección. Independientemente del tipo de infección, los signos clínicos tienden a ser visibles (alteración de la condición de

la piel y aletas o comportamiento diferente de natación y alimentación), y si se detecta temprano, la infección puede ser reversible.

Los tratamientos químicos se utilizan ampliamente para tratar enfermedades infecciosas acuáticas. Tradicionalmente, la formalina, un fijador, agente de embalsamamiento y potente biocida, se usaba contra los parásitos. El peróxido de hidrógeno se usó contra infecciones por hongos y protozoos en peces; y el verde de malaquita y azul de metileno se usaron ampliamente contra una amplia gama de patógenos fúngicos. Otros tratamientos incluyeron metronidazol, nitrofuranos, permanganato de potasio y praziquantel. La eficacia de estos tratamientos químicos varió y a menudo dependió de la dosis, pero en general fueron efectivos. Estos tratamientos, sin embargo, se han asociado con un rápido desarrollo de resistencia y toxicidad tanto para los peces como para el medio ambiente. Como resultado, algunos de estos productos han sido prohibidos en Estados Unidos y en la Unión Europea.

Los antibióticos, otra medida profiláctica tomada para prevenir el brote de enfermedades, se usan con frecuencia durante el transporte; sin embargo, estos plantean graves riesgos en el comercio de peces ornamentales, afectando tanto a los peces como a los humanos. La resistencia a los antimicrobianos (RAM) y la prevalencia de la resistencia múltiple (MDR) ya se ha encontrado en el comercio de peces ornamentales. Por lo tanto, hoy en día se comercializan productos más naturales, incluidos los remedios a base de hierbas, en lugar de antiguos tratamientos químicos sintéticos.

Las estrategias de control pueden ser profilácticas, a menudo aplicadas antes de introducir peces en acuarios, y curativas, aplicadas después de que los peces

muestren signos de infección. Los métodos profilácticos pueden incluir la cuarentena de nuevos peces para evitar la propagación de una infección existente y el monitoreo de la calidad del agua. Factores como el transporte, la densidad de población, la calidad del agua y el manejo deficiente de los animales pueden facilitar aún más la propagación de enfermedades, ya que los peces estresados a menudo están inmunocomprometidos, lo que los hace más susceptibles a las infecciones. En cuanto al aspecto curativo, aunque los tratamientos utilizados contra enfermedades infecciosas a menudo causan estrés e incomodidad a los peces, los beneficios generalmente superan cualquier efecto secundario al reducir la carga de enfermedad.

El estudio actual realizó una encuesta para identificar las prácticas de tratamiento más comunes empleadas por profesionales y aficionados en peces ornamentales de agua dulce con el objetivo de abordar enfermedades infecciosas, las razones que determinan el tratamiento de elección y cualquier factor adicional que influya en la eficacia del tratamiento.

## Materiales y métodos

Se realizó una encuesta en línea enfocada en tratamientos para enfermedades infecciosas en peces ornamentales de agua dulce. La encuesta constó de 17 preguntas que los participantes debían completar, y abarcó aspectos como participación en el comercio ornamental, uso y adquisición de tratamientos, así como opiniones sobre su efectividad. También se consideraron factores como el transporte, la calidad del agua y la hora del día al aplicar tratamientos. La participación fue anónima y voluntaria y estuvo activa desde enero de 2018 hasta junio de 2020, distribuyéndose a través de correos electrónicos y en redes sociales.

Se completaron un total de 350 cuestionarios, de los cuales 330 provinieron del Reino Unido, lo que hizo que las muestras de otros países fueran insuficientes para análisis independientes. Los participantes se clasificaron en tres grupos: aficionados (186), minoristas (129) e investigadores/expertos (15). El grupo de investigadores no pudo ser analizado estadísticamente debido a su bajo número de respuestas. Los participantes que pertenecían a más de una categoría (19 personas) fueron asignados a un grupo según su nivel de experiencia en el tema.

## Resultados

En general, el 86 % de los 350 encuestados usan tratamientos para tratar enfermedades infecciosas, y los minoristas (96,9 %) usan significativamente más que los aficionados (77,3 %). La preferencia de tratamientos varió y los tratamientos más utilizados se presentan en la **Tabla 1**.

Los minoristas tienden a usar Myxazin y Protozin como su tratamiento de elección. Los aficionados utilizaron una gama más amplia de productos que los minoristas, principalmente Melafix, Pimafix y sal. Los productos adicionales mencionados fueron Stress Coat y Stress Zyme, los productos Octozin, Parazin, ParaGuard, Acriflavine e Interpret. Los tratamientos químicos como el verde de malaquita, el azul de metileno y el formaldehído solo fueron mencionados por

una pequeña proporción de participantes (2,3 %). La composición de los tratamientos utilizados varió ampliamente (**Tabla 2**).

Cuando se les preguntó cómo los participantes obtuvieron sus tratamientos, hubo una clara distinción entre los dos grupos. La mayoría de los aficionados (73,7 %) compraron tratamientos a través de tiendas de mascotas, pero el 26,3 % compró tratamientos en línea debido a una mayor variedad y/o precios más bajos. Los minoristas obtenían tratamientos directamente de los fabricantes.

Con respecto a la aplicación del tratamiento, se preguntó a los participantes si trataban a los peces de forma profiláctica o después de que aparecieran los signos. Los aficionados trataron las enfermedades infecciosas una vez que aparecieron los signos en lugar de profilácticamente, y el 94,5 % trató a todos los peces en lugar de solo los peces enfermos. Por otro lado, los minoristas trataron los peces tanto de forma profiláctica como curativa, con un 70,5 % aislando a los peces enfermos en comparación con solo el 27,9 % de los aficionados. Sin embargo, aunque los minoristas tendieron a aislar a los peces enfermos, todos los peces fueron tratados independientemente (93,7 %). Curiosamente, solo alrededor del 50 % de los participantes siguieron el protocolo de tratamiento recomendado por el fabricante; el resto dejó de tratar una vez que los signos desaparecieron o continuó durante unos

Encuestados	Melafix (API)	Pimafix (API)	Myxazin (WaterLife)	Protozina (WaterLife)	Sal	Productos Esha
Aficionados	43.5%	26.2%	15.2%	13.1%	16.5%	13.1%
Minoristas	5.7%	2.4%	81.3%	80.5%	2.4%	2.4%
Investigadores/Expertos	8.3%	8.3%	0%	8.3%	41.7%	0%

**Tabla 1.** Tratamientos más comunes utilizados contra patógenos de peces en los tres grupos de participantes de la encuesta: aficionados, minoristas e investigadores/expertos.



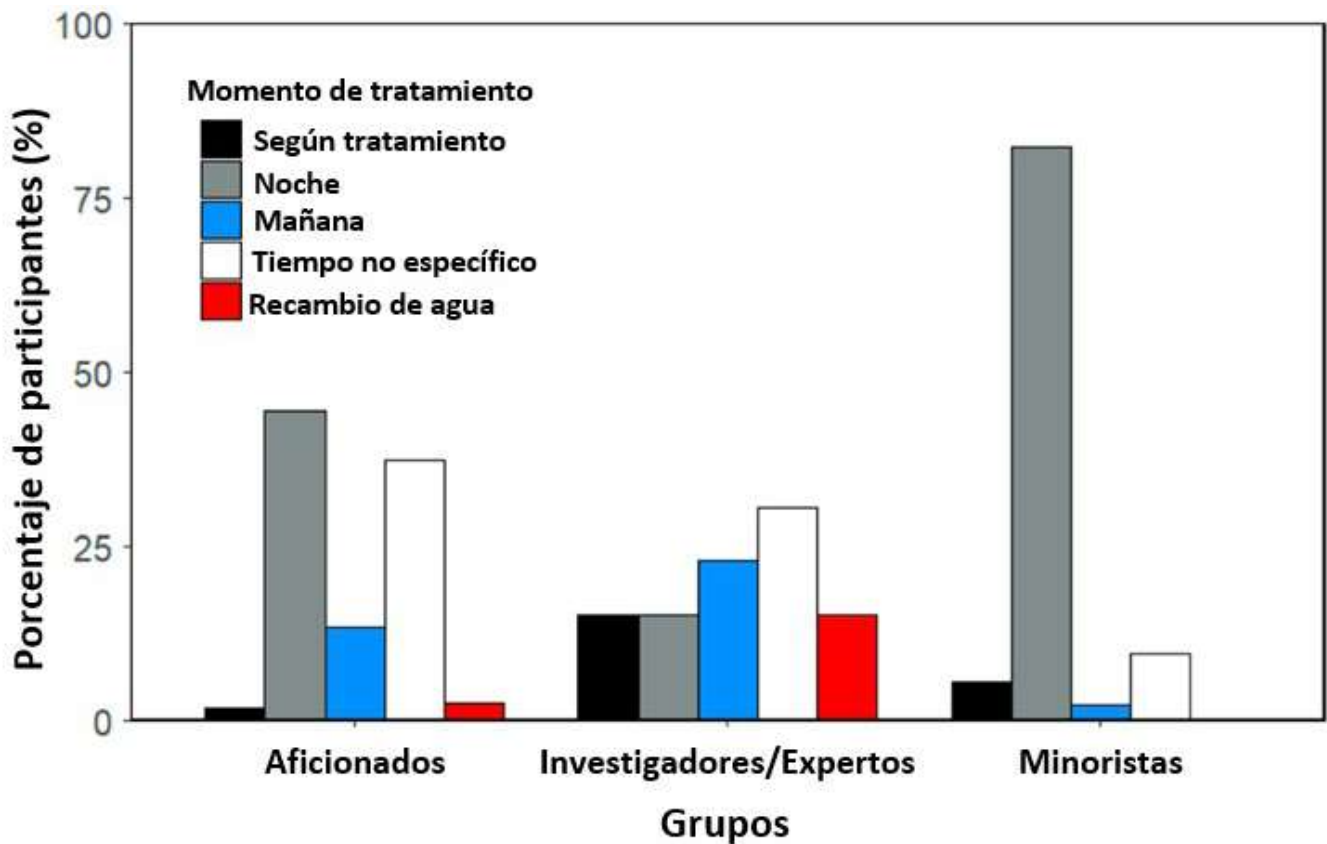
Tratamiento	Fabricante	Ingredientes	Objetivo
Melafix	API Fish Care	Cajuput ( <i>Melaleuca cajuputi</i> ) (50 g/L)	Infecciones bacterianas.
Pimafix	API Fish Care	Bahía de las Indias Occidentales ( <i>Pimenta racemosa</i> ) (25 g/L)	Infecciones fúngicas.
Stress Coat	API Fish Care	Hojas de <i>Aloe Vera</i> (0,005 g/L)	Cura de heridas superficiales y restauración de la mucosidad perdida.
Stress Zime	API Fish Care	bacterias vivas (300 millones/cucharadita)	Reducción de la acumulación de residuos orgánicos y mantenimiento del acuario.
Myxazin	WaterLife Research Industries Ltd.	Verde de malaquita (C <sub>23</sub> H <sub>26</sub> N <sub>2</sub> O) y sulfato de cobre (CuSO <sub>4</sub> )	Mancha blanca, oodiniasis, costiasis, tricotodiniasis y enfermedad del tetra neón.
Protozina	WaterLife Research Industries Ltd.	Verde de malaquita y clorhidrato de acriflavina (C <sub>27</sub> H <sub>25</sub> ClN <sub>6</sub> )	Infecciones bacterianas, i.e. pudrición de aletas y cuerpo, úlceras, ojos saltones, "enrojecimiento".
Paraguard	Laboratorios Seachem, Inc.	Glutaral (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> ) (25 g/L) y verde de malaquita (0,04 g/L)	Infecciones parasitarias, oodiniasis, pudrición de aletas, trematodos en aletas y cuerpo.
Acirflavina		Colorante de acridina fluorescente (C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> ClN <sub>3</sub> )	Infecciones fúngicas, bacterianas y heridas abiertas.
Esha 200 Esha Exit	Laboratorios Esha Sea Horse		Infecciones fúngicas, bacterianas y parasitarias, enfermedades puntuales.
Sal		NaCl 5–25 mg/L	Infecciones parasitarias.

**Tabla 2.** Tratamientos más comunes aplicados contra las enfermedades infecciosas de los peces de agua dulce identificados en el estudio actual.

pocos días después, independientemente del curso de tratamiento.

Al investigar otros parámetros que podrían afectar la susceptibilidad a las enfermedades de los peces, se identificó el transporte, principalmente en relación con los minoristas. Cuando se les pidió que indicaran cuándo se observaban signos clínicos (antes, después o ambos), el 44,8 % de los minoristas detectaron signos tanto antes del transporte (cuando se preparaban los peces para el envío) como después del transporte, mientras que el resto de los minoristas informaron signos solo después de que concluyó el transporte. En cuanto a la calidad del agua, todos los grupos declararon que los niveles de amoníaco, nitrato, nitrito, pH y oxígeno se controlaban

regularmente y realizaban cambios regulares de agua para restaurar y preservar la calidad de la misma. Finalmente, también se incluyó como una pregunta específica en la encuesta la hora del día del tratamiento. Los minoristas trataban constantemente los peces por la noche, cuando las tiendas cerraron por el día y las luces estaban apagadas. Sin embargo, los aficionados e investigadores/expertos tendían a tratar cuando era conveniente a lo largo del día. Algunos participantes trataron cuando era adecuado realizar los recambios de agua de los tanques, y otros afirmaron tratar a los peces según las instrucciones del fabricante (aunque ningún producto conocido sugiere el momento del tratamiento) (**Figura 1**).



**Figura 1.** Respuestas sobre en qué momento los participantes realizan tratamiento a sus peces ornamentales.

Las especies de peces más propensas a mostrar signos clínicos de infección incluyeron mollies (*Poecilia sphenops*), guppies (*Poecilia reticulata*), platies (*Xiphophorus maculatus*) y espadas (*Xiphophorus helleri*), todos vivíparos de la familia Poeciliidae. Otros peces identificados fueron el tetra neón (*Paracheirodon innesi*) y el tetra cardenal (*Paracheirodon axelrodi*), entre otras especies de Tetra, payaso (*Chromobotia macracanthus*), varios peces dorados como Oranda (*Carassius auratus auratus*) y especies de Betta. Los participantes, sin embargo, afirmaron que factores como la densidad de la población, la proporción de hembras / machos y la calidad del agua tenían un mayor impacto en la predicción de la susceptibilidad a enfermedades que las especies de peces reales.

Finalmente, cuando se les pidió que comentaran sobre los tratamientos más

efectivos utilizados, los participantes respondieron con los tratamientos que estaban usando actualmente. Para los aficionados esto fue Melafix y Pimafix, así como la sal en comparación con los minoristas que indicaron una mayor eficacia de Myxazin y Protozin. En general, los participantes expresaron interés en el asesoramiento profiláctico, así como en una guía clara y concisa sobre los tratamientos y su aplicación para que el mantenimiento y el tratamiento de los peces sean más fáciles y efectivos.

## Discusión

Las enfermedades infecciosas en los peces ornamentales de agua dulce representan un riesgo considerable para la industria minorista. Estas infecciones, causadas por patógenos comunes, se propagan rápidamente y surgen en situaciones de

estrés. Factores como la mala gestión, la alta densidad de población y la mala calidad del agua aumentan la susceptibilidad a estas enfermedades, por lo que es crucial monitorearlos para mejorar la efectividad de los tratamientos. La encuesta muestra que los profesionales adoptan un enfoque riguroso para reducir pérdidas económicas, mientras que los aficionados prefieren tratamientos naturales. Pero, sin lugar a dudas, se hace vital que todos los usuarios completen los tratamientos siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El conocimiento de los aficionados sobre la cría de peces ornamentales es variable y eso puede afectar negativamente el bienestar de los animales. En el Reino Unido, muchos aficionados tienen dificultades para acceder a expertos en diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Esto puede deberse a la falta de conciencia sobre las necesidades de bienestar, la ausencia de veterinarios acuáticos accesibles, la percepción de que la atención profesional no es necesaria o simplemente a los costos que esto significa. Y como resultado, a menudo recurren a tratamientos no regulados, sin garantía de seguridad o eficacia. Además, el acceso limitado a productos farmacéuticos complica aún más la situación, llevando a que los peces reciban múltiples tratamientos químicos antes de obtener un diagnóstico adecuado.

En el estudio los aficionados a la acuariofilia utilizaron principalmente Melafix (43,5 %) y Pimafix (26,2 %). Melafix, contiene aceite esencial de *Melaleuca cajuputi*, es un tratamiento antimicrobiano para infecciones bacterianas. Pimafix, derivado de *Pimenta racemosa*, tiene propiedades antivirales, antifúngicas y larvicidas. También se mencionaron otros productos como Stress Coat, que ayuda a curar heridas y restaurar la mucosidad, y Stress Zyme, que contiene

bacterias vivas para reducir desechos y amoníaco en acuarios.

La sal es otro tratamiento natural, efectivo y económico, utilizándose por un 41,7 % de los investigadores y expertos en infecciones parasitarias de agua dulce. Una dosis de sal de 5 g/L durante dos semanas demostró ser beneficioso para ciertas especies de peces. Además, una concentración alta de sal (25 g/L) elimina hasta el 100 % de algunos ectoparásitos. No obstante, la eficacia de los tratamientos naturales puede variar según la cepa de los patógenos y se ve influenciada por factores estacionales y procedencia de los ingredientes.

Los minoristas del Reino Unido prefieren tratamientos como Protozin (80,5 %) y Myxazin (81,3 %), que contienen verde de malaquita, conocido por su eficacia contra infecciones parasitarias. Aunque existe poca información sobre su efectividad, se ha demostrado que es el tratamiento más eficaz contra oomicetos como *Aphanomyces invadans*. Otros productos mencionados incluyen ParaGuard y Acriflavina, esta última efectiva contra infecciones fúngicas y bacterianas en peces ornamentales, mostrando una reducción considerable de protozoos como *Trichodina centrostrigeata*. Además, los productos como Esha Exit y Esha 200 son populares por su amplio espectro de actividad contra infecciones y su capacidad para promover la cicatrización de heridas. La disponibilidad y el costo de estos productos también influyen en las decisiones de tratamiento de los minoristas, especialmente en operaciones más grandes.

Los aficionados a la acuariofilia suelen optar por tratamientos naturales a base de extractos de plantas, mientras que los minoristas prefieren productos sintéticos, adoptando un enfoque más riguroso que incluye medidas



de profilaxis y aislamiento de animales enfermos para prevenir la propagación de enfermedades y garantizar el bienestar de los peces. En contraste, muchos aficionados minimizan el uso de tratamientos para evitar el estrés en los peces, eligiendo opciones más ecológicas.

Las especies de peces más propensas a infecciones reveladas en la encuesta coinciden con la literatura existente. Los ciprinidos, cíclidos, vivíparos, peces hacha y bagres son algunas de las especies más comunes en el comercio de mascotas. Un análisis de 2015 indicó que el comercio de peces ornamentales abarca 312 especies de 14 órdenes y 56 familias, con Cichlidae (38 %) y Cyprinidae (13 %) como las familias predominantes. Específicamente, los guppies y los peces dorados son algunas de las especies de acuario más comunes y suelen presentar la mayor incidencia de enfermedades infecciosas, junto con otros populares como mollies, platies y swordtails.

Los participantes de la encuesta señalaron que los poeciliidos (mollies, guppies y platies), los tetras y los peces dorados son los más susceptibles a las enfermedades. Esto podría atribuirse, en parte, al incremento de la endogamia y a la selección de rasgos no relacionados con la salud, como la coloración, lo que podría haber reducido la resistencia a las enfermedades. Si bien se podría considerar la cría selectiva para aumentar la resistencia a enfermedades, como se hace en la acuicultura, es poco probable que esto sea práctico o rentable en el comercio ornamental.

El proceso de transporte de peces a menudo se pasa por alto en relación con la salud y el bienestar, lo que puede resultar en inmunosupresión inducida por estrés y un aumento en la susceptibilidad a infecciones.

Este problema es especialmente notorio para los minoristas, con un 44,8 % reportando signos de infección antes y después del transporte. La preparación de los peces implica tratamientos profilácticos, inanición y preenvasado, lo que puede incrementar el estrés y favorecer la aparición de patógenos.

El transporte puede durar hasta 48 horas, y los peces suelen ser mantenidos en bolsas de plástico sin alimento, filtración ni temperatura controlada, lo que afecta la calidad del agua y aumenta el riesgo de enfermedades. Agregar sal al agua durante el transporte ha demostrado ser efectivo para reducir el estrés y la mortalidad. Por ejemplo, los guppies empacados en agua salina mostraron una tasa de mortalidad significativamente más baja en comparación con un grupo de control. Sin embargo, la concentración efectiva de sal varía según la especie. Es crucial enfatizar la preparación y recuperación de los peces tras el envío para mejorar su bienestar.

La calidad del agua es fundamental para la salud de los peces, ya que influye en su susceptibilidad a las enfermedades. Es esencial monitorear parámetros como dureza, salinidad, pH, temperatura, amoníaco, nitrato, nitrito, oxígeno y dióxido de carbono, manteniéndolos dentro de los rangos específicos para cada especie. Aunque los peces pueden tolerar condiciones subóptimas, el estrés afecta sus funciones metabólicas y aumenta su vulnerabilidad a patógenos. Según la encuesta, todos los grupos realizan un monitoreo regular de la calidad del agua, siendo los minoristas quienes realizan pruebas hasta tres veces por semana. Por lo tanto, mantener condiciones estables y realizar un monitoreo constante son prácticas cruciales antes y durante el tratamiento de enfermedades infecciosas.

Casi el 80 % de los minoristas trata los peces por la noche, mientras que los aficionados



e investigadores suelen hacerlo cuando les resulta conveniente. Pocas personas afirmaron seguir las instrucciones del fabricante, lo que sugiere que algunas respuestas pueden haber sido socialmente deseables, y que las prácticas de tratamiento a menudo carecen de consistencia y rigor. El tratamiento nocturno puede deberse a limitaciones de tiempo, conveniencia o para evitar la decoloración del tanque y la exposición de los peces enfermos a los clientes.

Sin embargo, el momento del tratamiento puede ser relevante, dado el interés creciente en la cronoterapia, que destaca cómo los ritmos circadianos y las condiciones de luz afectan la eficacia de los medicamentos. Los resultados de los tratamientos pueden verse alterados por el comportamiento del pez afectado por la infección y variaciones en la absorción y metabolismo de los fármacos a lo largo del día. Además, la intensidad, duración y longitud de onda de la luz pueden provocar respuestas fisiológicas específicas en las especies, lo que hace necesario considerar estos factores en el manejo de enfermedades.

Además de los factores mencionados en la encuesta, el manejo, la densidad de población y el enriquecimiento del entorno son claves para el bienestar de los peces. El manejo frecuente y excesivo de los peces en la cadena de suministro puede generar

un alto estrés, especialmente si es repetitivo. La densidad de población también influye en el estrés y varía según la especie y el estilo del tanque; por ejemplo, el pez cebrá experimenta más estrés en situaciones de hacinamiento, mientras que la tilapia muestra agresión a densidades más bajas, lo que se convierte en un estresor social crónico.

Asimismo, el interés en el enriquecimiento del tanque está en aumento, ya que proporciona variación estructural y color, lo que mejora la salud y el bienestar de los peces. Los acuarios con enriquecimiento presentan peces más resistentes a infecciones y con una menor carga de patógenos en comparación con aquellos en entornos estériles.

## Conclusiones

Los datos de esta encuesta del Reino Unido proporcionaron información sobre cómo las personas lidian con los patógenos de los peces. Los aficionados confían más en los tratamientos basados en plantas y los minoristas utilizan más tratamientos sintéticos y agresivos, tomando más medidas de precaución, presumiblemente con el objetivo de evitar grandes pérdidas económicas. Este estudio también destacó varios factores que deben tenerse en cuenta para maximizar la eficacia del tratamiento. Esto es particularmente clave considerando la importancia del comercio ornamental acuático a nivel mundial.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Survey-based insights into treatments of infectious diseases in freshwater ornamental fish in the UK." escrito por Arapi, E. A., y Cable, J. (2025). Publicado originalmente en *Academia Biology* 3(3).

<https://doi.org/10.20935/AcadBiol7832>

# PÁGINAS WEB QUE VALE LA PENA REVISAR:

## <https://corpavet.com>

Equipo Editorial de El Acuicultor

CORPAVET es un laboratorio de investigación y diagnóstico veterinario (registro ICA LB0000442022), que ofrece servicios de análisis en anatomopatología y bioterio de peces bajo norma ISO17025. Posee dos sedes operativas, una en Bogotá D.C. y la otra en Neiva, Huila, ambas en Colombia. Además de los servicios que ofrece, en su página web hay abundante información valiosa para el acuicultor y todo interesado en la patología de peces, con énfasis en tilapia. A continuación, haremos una revisión somera de este material.

## INVESTIGACIONES

Desarrollan estudios para fortalecer la bioseguridad de la producción acuícola colombiana. Un ejemplo es la investigación desarrollada para conocer y robustecer el estatus sanitario del cultivo de tilapia (*Oreochromis* sp.) en el Departamento del Huila, constituyendo un gran aporte a la vigilancia epidemiológica y competitividad acuícola del circuito. Ese proyecto produjo numerosos resultados, los cuales pueden ser consultados en

<https://corpavet.com/investigaci%C3%B3n>

## PUBLICACIONES

La página ofrece numerosos documentos con gran valor académico y de mucha utilidad para los acuicultores, la mayoría de ellos descargables de manera gratuita.

El campo es de todos Monocultivos

### Enfermedad por el Virus de la Tilapia del Lago (TiLV)

Niveles de diagnóstico I, II y III

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de recursos y acceso a servicios de diagnóstico veterinario en los países en desarrollo son limitados, la FAO ha promovido el uso de niveles I, II y III para el diagnóstico de la enfermedad por TiLV (Bianchi-Bianchi et al., 2020; Sunstetter et al., 2020).

**NIVEL I: SIGNOS CLÍNICOS**

El nivel I incluye las observaciones en el lugar de producción (granja), registrando los signos clínicos, hallazgos o la necropsia externas e internos y demás información básica que aporte a la interpretación de los resultados de los niveles II y III. Durante la visita a la granja para la evaluación del nivel I, se toman las muestras para el nivel II y III.



Mortandad aguda  
50% a 90% en 7 a 15 días



Letargia, separación del cardumen, inapetencia

**NIVEL I: LESIONES A LA NECROPSIA**



OJOS Y BRANQUIAS  
Protusión y opacidad del ojo, branquias de color inusual



HÍGADO  
Aumento de tamaño, frágil, se deshace fácilmente, cambio de color



INTESTINO  
Acúmulo de líquido en intestino



CEREBRO  
Hemorragia alrededor del cerebro

En caso de presentación de mortalidad inusual en su establecimiento notificar al ICA al WhatsApp **320 4030843** o dirigirse a la oficina local del ICA más cercana

**NIVEL II: HISTOPATOLOGÍA**

Tomar fragmentos de máximo 1cm de: cerebro, branquias, corazón, hígado, bazo, estómago, intestino, riñón caudal, ojo completo, piel y músculo en formalina al 10%.





**NIVEL III: DIAGNÓSTICO MOLECULAR RT-PCR**

Tomar fragmentos de máximo 5mm de cerebro, hígado, bazo y riñón caudal en RNA later (conservar refrigerado) o alcohol mayor al 90%

Publicación en: Dr. U.A.R., Sánchez P. 2020. Tilapia del lago. The egyptian fish. (1st Ed. 422 pp.). ISBN: 978-92-510-1231-2. A 15-year checklist for surveillance of diseases of aquatic organisms: a novel approach to assist multidisciplinary teams in developing countries. Rev. Aquac. 52:161-168.

Convenio de cooperación de actividades científicas y tecnológicas No. 414 de 2021 AUNAP, CORPAVET e ICA.

\*Actualización de la producción específica de la infección y enfermedad por virus de la tilapia del lago (TiLV) en sistemas de producción de especies de tilapia (Oreochromis sp.) y distribución regional en la región de Boyacá, Huila, como herramienta útil para el seguimiento y manejo productivo en estas regiones.

**CORPAVET** ICA

Instituto Colombiano Agropecuario

**AUNAP**

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ACUICULTORES DE COLOMBIA

## Afiche TiLV

Afiche divulgativo sobre la enfermedad causada por el virus de la Tilapia del Lago (TiLV). Orientado a ampliar el conocimiento sobre esta severa patología, y contribuir a incrementar la bioseguridad para la producción piscícola en Colombia, aunque extensible a todos los países que produzcan tilapias. Muestra con claridad las características de la enfermedad en sus tres diferentes niveles de diagnóstico (signos clínicos y necropsia, histopatología y diagnóstico molecular). Elaborado por



CORPAVET en alianza con la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).



### Manual digital de evaluación en fresco

Es una guía práctica para el acercamiento e identificación de la morfología normal, anormal y diferentes hallazgos en el examen en fresco de distintos tejidos de peces, con una aproximación a las posibles causas del problema. También incluye hallazgos compatibles con afecciones parasitarias, lesiones irritativas, enfermedades granulomatosas, lesiones asociadas con irritación, deficiencias nutricionales y calidad de agua. Descargable en:

<https://img1.wsimg.com/blobby/go/17ce54a4-8c69-4b60-ad33-d665a34ba898/MANUAL%20DIGITAL%20DE%20EVALUACION%20EN%20FRESCO%20TILAPIA.pdf>



### Libro: Systemic Pathology Of Tilapia

Publicación electrónica en formato pdf, editada por Carlos Arturo Iregui Castro (Universidad Nacional de Colombia) y Paola Barato Gómez (CORPAVET). Una obra especializada que reúne conocimiento científico clave para el diagnóstico, estudio y comprensión de las principales patologías en tilapias. Ideal para técnicos, profesionales, investigadores, estudiantes y laboratorios enfocados en patología y producción acuícola. Conocimiento científico aplicado. Enfoque técnico y actualizado. Recurso de consulta indispensable.

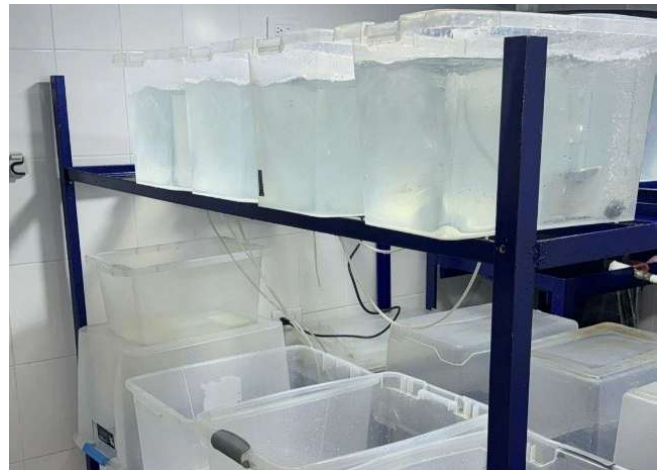
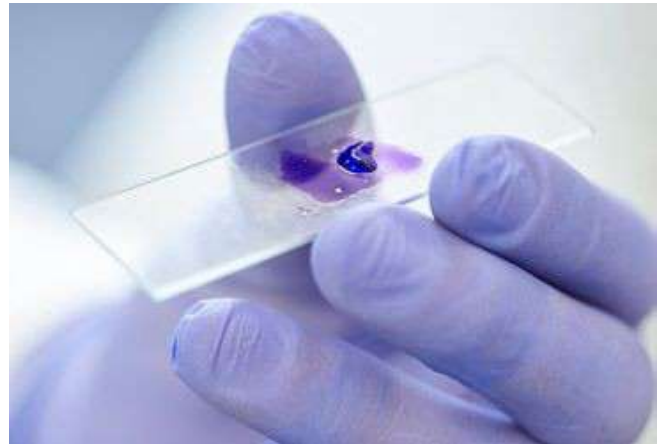
Puede ser adquirido en:

<https://corpavet.com/publicaciones/ols/products/e-book-systemic-pathology-of-tilapia-text-and-atlas>

Estos son solo algunos de los documentos presentes en esta página, pero contiene aún más información valiosa, por lo cual recomendamos su revisión y seguimiento.

## SERVICIOS

Sus servicios abarcan las principales especies animales cultivadas, pero nos resulta particularmente de interés su cobertura de especies acuáticas, en especial, los peces. Su catálogo contempla citologías, diagnóstico histopatológico, necropsia, disposición de restos, inmunohistoquímica, histología de rutina (H&E), coloraciones especiales, microfotografía, consulta veterinaria virtual, bioensayos, químicos (formol buferado, RNAlater), accesorios (cassetes, bolsas, hisopos, etc.).





# TALENTO HUMANO



**Paola Barato**  
Socia Fund. - Dir. Cient.



**Yadira Fuquen**  
Directora Ejecutiva



**Luisa Vanessa Hernández**  
Líder Téc.-Admin. (Neiva)



**Hawer Castro**  
Coord. Diagn. y Bioterio (Bogotá)



**Andrés F. García Orozco**  
Coord. Diagn. (Neiva)



**Héctor M. Mejía Toledo**  
Prof. Téc.-Cient. y Calidad (Neiva)



**Johanna Merchán**  
Resp. Sist. Gestión SST



**Karen Sánchez**  
Prof. Téc.-Cient. y Calidad



**Diana P. Jaramillo Reyes**  
Community Manager





Sociedad Venezolana  
de Acuicultura

**IMÁGENES DE PORTADA  
Y CONTRAPORTADA**  
Archivo SVA



Canal de suministro  
de agua, Camaronera  
Promotora Los Cocos,  
Zulica, isla de Coche,  
estado Nueva Esparta,  
Venezuela.



Reservorio de agua,  
Laboratorio Acualpaca,  
Península de Paraguaná,  
estado Falcón, Venezuela.

[www.svacuicultura.org](http://www.svacuicultura.org)

