



EL ACUICULTOR
ANO I EJEMPLAR N°2 SEPTIEMBRE 1996

PERSPECTIVA Y DESARROLLO DE LA ACUICULTURA EN VENEZUELA

EDITORIAL

En el presente año la producción de peces de agua dulce por concepto de acuicultura se estima en 2500 Ton. Al cerrar esta primera época, inmediatamente surgen preguntas: ¿Cómo? ¿Dónde? ¿Quién? ¿Cuándo? etc. La verdad, es que la actividad acuícola ha tenido un crecimiento interanual en los últimos años del 12%.

La actividad líder en la Acuicultura con 1000 ha, es la producción, proyectada a cosechar 4000 Ton, con la característica básica de que una de las actividades, es mayor inversión tecnológica e infraestructura y esta puede alcanzar los 2000 ha, en producción para fines de 1996. Una de las grandes ligas en la producción de semillas acuáticas de cadáveres bioactivos es el sector de las mismas camaroneras. En el mismo sentido esta actividad registra uno de los mejores índices de crecimiento de producción para el presente año superior a los 1800 kg/ha cosecha con raciones de 2,5 veces al día. El Impacto Laboral es superior a los 1200 empleos directos.

El cultivo de truchas, es la primera actividad acuícola que se inició en Venezuela en el presente año afectada por la reducción del consumo en el extranjero, a finales de 1995 inicia operaciones una nueva Truchicultura en Trujillo. La producción estimada para 1996 es de 400 ton con una capacidad instalada de 850 toneladas.

Rolando Marino, Mario Aguirre Plaza

COMISION NACIONAL DE ACUICULTURA (ORDEN EJECUTIVO MAG) POR SU JURAMENTACION

JUNTA DIRECTIVA
Presidente: MARIO AGUIRRE
Vicepresidentes: EUGENIO GARCIA
Secretario: ARMANDO BELLOSO
Tesorero: EDUARDO LANSER
Vocales Principales: EDUARDO GONZALEZ, ANA COVACHY, MANUEL USUQUE, ABRAHAM MOYA
Vocales Suplentes: UNOSIMPER ACOSOROSO, BEATRIZ POLANCO, TOMAS CABREÑA
Comisario: CARLOS PABLO
Editores: BEATRIZ POLANCO, EUGENIO GARCIA
Talleres: Caracas (02) 2807721 (018 21384)
Diseño y Prepresas: BravoMitar c.a.

EL ACUICULTOR
CULTIVO ACUATICO EN ARMONIA CON EL AMBIENTE
Publicación Trimestral Año IV Vol. 1 Enero 99

Procesamiento... Valor agregado

P.V.P. BS. 1.500
\$ 3.00

EL ACUICULTOR
Publicación Trimestral
Año IV Vol. 3
Julio 99

CULTIVO ACUATICO... UN ARTE

P.V.P. BS. 1.500
\$ 3.00

EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA SVA

EL ACUICULTOR
Publicación Trimestral de la Sociedad Venezolana de Acuicultura (SVA) Año VI Vol. 1

VI CONGRESO VENEZOLANO DE ACUICULTURA

III SEMINARIO INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA CONTINENTAL EN AMAZONIA

hacia un razonable y sostenible aprovechamiento del vasto potencial acuícola en la cuenca amazónica

II CONGRESO NACIONAL DE CAMARONICULTURA

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TACHIRA
DEL 09 AL 11 DE OCTUBRE DE 2002

EL ACUICULTOR
Publicación Trimestral de la Sociedad Venezolana de Acuicultura (SVA) Año VI Vol. 2-3

VI CONGRESO VENEZOLANO DE ACUICULTURA

ACUACRIA C.A. / AQUAFOD C.A.

EL ACUICULTOR
Publicación Trimestral de la Sociedad Venezolana de Acuicultura (SVA) Año VI Vol. 2
Año VI No. 200

VI CONGRESO VENEZOLANO DE ACUICULTURA

EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA SVA

JUNTA DIRECTIVA

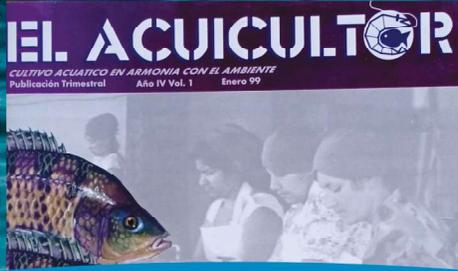
- PRESIDENTE**
Eduardo Castillo
- VICEPRESIDENTE**
Alex Guevara
- SECRETARIO**
Daniel Arana
- TESORERO**
Víctor Blanco

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

- SUPLENTE**
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

@svacuicultura Sociedad Venezolana de Acuicultura

CONTENIDO

CONTENIDO

JULIO 2025 | VOL. 5 | NÚMERO 3

Pág. / Contenido

05. Editorial: Enfatizando la esencia de la Sociedad Venezolana de Acuicultura

07. Estrategias para mejorar la inmunidad y salud de la tilapia de cultivo

18. Uso de inmunoestimulantes en la cría de camarones: Una perspectiva bioeconómica

29. Alimentación moderna: mucho más que aportar nutrientes, un enfoque en la salud intestinal

36. Intensificación sostenible de la acuicultura utilizando la tecnología eficiente de nanoburbujas

43. Transformando el futuro de la acuicultura marina: un enfoque de economía circular

50. Origen de los residuos, impacto de los alimentos y el fitoplancton en la calidad y en el sistema químico de amortiguación del agua

62. Eliminación de residuos nitrogenados en sistemas de recirculación acuícola utilizando un innovador biorreactor

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



30
años

**Impulsando la
innovación en
acuicultura,
con la confianza de
laboratorios y granjas
a nivel mundial**

Soluciones

Innovadoras y Sostenibles

Liderazgo comprobado en la industria, ofreciendo tecnologías de vanguardia para toda la cadena de valor de la acuicultura.

Tu Socio Estratégico

para el Crecimiento

Más que un proveedor: trabajamos a tu lado para ayudarte a alcanzar tus objetivos.

Impulsamos

la Acuicultura del futuro

Investigación y desarrollo continuo para entregar los últimos avances del sector.

Alcance Global

Soporte Local

Presencia en los mercados clave para acompañarte dondequiera que crezcas.

Hagamos acuicultura juntos 
MEGASUPPLY.

www.megasupply.net · orders@megasupply.net

EDITORIAL

ENFATIZANDO LA ESENCIA DE LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE ACUICULTURA

En diciembre de este año celebraremos el 30° aniversario de la SVA. Es un largo trecho recorrido, con numerosos logros en la promoción de la acuicultura como actividad productiva sostenible. Aunque hubo un lapso de inactividad que divide claramente en dos sus etapas operativas, ha habido continuidad en principios, valores e incluso estrategias.

Un ejemplo de lo anterior es la revista El Acuicultor. Iniciada en formato físico, empezó a publicarse en marzo de 1996, con frecuencia semestral, alcanzando más de 20 ediciones. El último número de esta etapa vio luz a finales de 2005. Relanzada la SVA en octubre de 2020, una de las primeras iniciativas que se abordó fue volver a emitir una publicación periódica que ofreciera actualidad sobre los temas relevantes de la acuicultura. Y no hubo discusión. Unánimemente se retomó el nombre y arrancó en enero de 2021, con periodicidad trimestral, aunque el formato si debió tornarse a electrónico por las ventajas que implicaba. Como reconexión con esa etapa pasada de nuestra organización, revalorización de esos aportes y reconocimiento a esos grandes exponentes de la acuicultura que nos precedieron ofreciendo sus talentos, vamos a volver a publicar los números anteriores, en

una sección propia de nuestra página web. La portada y contraportada de este número dan un vistazo a esa rica historia que no debemos olvidar, sino atesorar. Les invitamos a apropiarse de estos contenidos, que iremos publicando periódicamente, sin descuidar la periodicidad de la versión actual.

Pero la revista no es la única estrategia que impulsamos con grandes satisfacciones. En dicha etapa inicial se llevaron a cabo congresos, simposios, jornadas, encuentros, seminarios, etc. Fueron eventos que presentaron diferentes características, como duración, enfoque, periodicidad, alcance, entre otras. Pero todas estas actividades tuvieron en común la reunión de un colectivo afín a la acuicultura en un espacio determinado para hablar de temas específicos. La coincidencia física de sus participantes constituyó un gran logro, que impulsó decididamente el desarrollo de nuestra disciplina. El valor de tales encuentros es indudable, pues aún recordamos gratamente, lo que significaron eventos como los de Puerto La Cruz en 1999 o San Cristóbal en 2002, que merecieron el respaldo de la World Aquaculture Society (WAS).



No significa que no se hayan realizado en el país esfuerzos importantes en este sentido. Deben rescatarse los encuentros realizados por ASOPROCO en Maracaibo (2022), CIAPURE en Achaguas y San Fernando (2022 y 2023), REDIELUZ en Maracaibo (2023), o la UNEFM (2010, 2024). Todos muy meritorios y significativos, demostrando la resiliencia del sector, pero también restringidos en alcance. Es muy complicado impulsar estos eventos, por nuestra realidad económica, pero es claro que constituyen una herramienta valiosa para el fortalecimiento y despegue de la actividad acuícola. Los resultados en conexión, promoción, divulgación, actualización, capacitación, que permite un evento de magnitud son incomparables. Por ello estamos decididos a continuar impulsando iniciativas como éstas y hoy estamos apoyando al PAISummit (Cumbre de la Proteína Animal Internacional), donde la acuicultura tendrá un espacio protagónico, al nivel de otros importantes sectores

agropecuarios nacionales. Es un paso más en el objetivo último de relanzar grandes eventos acuícolas en nuestro país.

Los pasos que hoy damos desde la SVA, quizás cortos, quizás lentos, son, sin embargo, constantes e indudablemente orientados hacia el robustecimiento de la acuicultura nacional. Les pedimos a todos su acompañamiento para que estos pasos sean cada vez más largos y ágiles, y veamos cada vez más fortalecida nuestra industria acuícola.

El número que hoy depositamos en sus manos, como siempre, está pletórico de información valiosa. Esperamos sea de su agrado y que apoyen su difusión.



Eduardo Castillo
Presidente de la SVA

ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA INMUNIDAD Y SALUD DE LA TILAPIA DE CULTIVO

Cuerpo editorial de El Acuicultor

INTRODUCCIÓN

La tilapia es el segundo grupo de peces más importante a nivel de cultivo en el mundo, siendo la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) la especie predominante. Sin embargo, la industria del cultivo enfrenta desafíos significativos debido a enfermedades emergentes y reemergentes, como la estreptococosis, el virus de la tilapia del lago (TiLV) y el virus de la necrosis infecciosa del bazo y riñón (ISKNV) que han causado mortalidades masivas en granjas, afectando negativamente al sector, especialmente en la última década.

A pesar de las medidas implementadas para controlar estas enfermedades, como el uso de antibióticos, mejora del manejo y bioseguridad, los impactos continúan en aumento. Por ello, mejorar la salud de la tilapia mediante la modulación de su sistema inmunológico se presenta como una alternativa prometedora. Esto, eventualmente, podría ayudar a limitar brotes de enfermedades y reducir pérdidas económicas, integrando métodos de control existentes con estrategias que fortalezcan la respuesta inmune de los peces. En este artículo discutimos las estrategias utilizadas para mejorar la salud y la inmunidad de la tilapia frente a enfermedades.

IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EMERGENTES Y REEMERGENTES EN LA TILAPIA

La producción acuícola de tilapia ha crecido significativamente en las últimas tres décadas. Sin embargo, las altas densidades de población en los cultivos generan estrés en los peces, haciéndolos más susceptibles a infecciones y facilitando la rápida propagación de patógenos. El estrés es un factor crucial que impacta el bienestar de los peces, comprometiendo sus defensas naturales y aumentando su vulnerabilidad a enfermedades. Fuentes de estrés incluyen la mala calidad del agua, alta densidad, mala nutrición, cambios climáticos, manipulación y transporte. Este estrés se activa por respuestas fisiológicas a situaciones amenazantes, reguladas por sistemas hormonales. El estrés agudo puede alterar el equilibrio fisiológico, generando cambios conductuales o físicos, mientras que el estrés crónico reduce la capacidad adaptativa de los peces, resultando en inhibición del crecimiento, fallos reproductivos y comprometiendo su inmunocompetencia para resistir patógenos.

Se creía que la tilapia era relativamente tolerante a las enfermedades y capaz de

adaptarse a diversas condiciones de cría, pero recientemente ha surgido una creciente amenaza de enfermedades bacterianas y virales en la industria. La estreptococosis es una de las enfermedades bacterianas más comunes en la acuicultura de tilapia, con tasas de mortalidad que pueden alcanzar de 50 a 70% en climas cálidos, especialmente en verano. Los signos clínicos incluyen comportamientos anormales, exoftalmia y meningitis, entre otros.

Los alevines de tilapia son particularmente susceptibles a infecciones por *Flavobacterium columnare*, con una mortalidad acumulada de hasta el 100% en 24 horas. Los síntomas asociados son lesiones externas, daño en la piel, necrosis branquial y erosión de aletas. También se ha reportado mortalidad en tilapia por infección de *Francisella noatunensis*, que causa inflamaciones granulomatosas y suele transmitirse a través del movimiento de peces. Las infecciones por *Aeromonas* son comunes en el cultivo de tilapia, con signos clínicos como hemorragias, nado errático, exoftalmia y enrojecimiento de la piel.

Además de las enfermedades bacterianas, las enfermedades virales como el TiLV, ISKNV y Tilapia parvovirus (TiPV) están causando alta mortalidad y problemas significativos en la industria global de tilapia. El TiLV, ampliamente estudiado en los últimos cinco años, causa hasta un 90% de mortalidad en alevines y juveniles en poco tiempo. Las infecciones por TiPV también han sido aisladas en tilapia adulta y se han documentado infecciones concurrentes de TiLV y TiPV, lo que resulta en patologías graves. A pesar de las investigaciones, no se han desarrollado tratamientos o vacunas eficaces contra estos virus emergentes, lo que continúa afectando la producción y la seguridad alimentaria.

Para abordar las enfermedades emergentes en la acuicultura de tilapia, se contemplan

opciones como el uso de antibióticos y vacunas. El uso de antibióticos ha aumentado recientemente debido a la proliferación de problemas infecciosos en el sector, y su uso adecuado podría reducir la resistencia bacteriana y mejorar la eficacia del tratamiento. Por el contrario, no existen tratamientos específicos para las enfermedades virales en tilapia y es urgente desarrollar vacunas eficaces para prevenir y controlar futuros brotes de enfermedades virales.

SISTEMA INMUNOLÓGICO EN TILAPIA

La cría rutinaria y los problemas de calidad del agua pueden causar inmunosupresión por estrés en los peces, aumentando su vulnerabilidad a las infecciones. Comprender cómo estos factores afectan la función inmunitaria permite predecir eventos de inmunosupresión y que los piscicultores tomen medidas adecuadas para mitigarlos. La respuesta de los peces a los patógenos y la manipulación de estas respuestas ofrecen oportunidades para mejorar su capacidad de combatir enfermedades. Se ha comprobado que alimentos con probióticos, prebióticos, hierbas medicinales y otros productos inmunoestimulantes fortalecen el sistema inmunológico en momentos de inmunosupresión.

Las tilapias cuentan con un sistema inmunológico efectivo que incluye respuestas innatas y adaptativas. La inmunidad innata actúa como primera línea de defensa, mientras que la inmunidad adaptativa responde a patógenos específicos y genera memoria inmunológica para enfrentar encuentros futuros con esos patógenos. La **Figura 1** presenta una visión general sencilla de la respuesta inmunitaria de la tilapia a la infección.

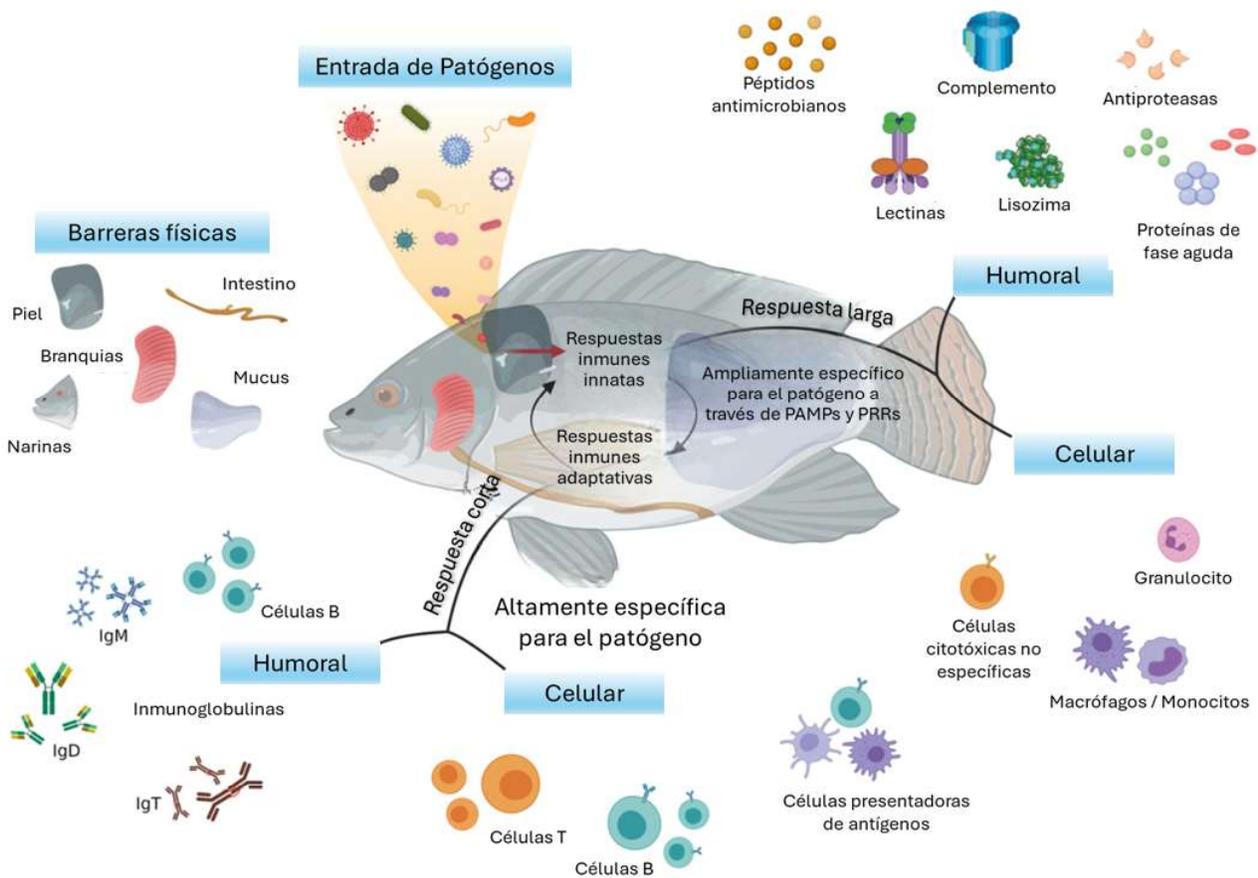


Figura 1. Descripción simple de la respuesta inmune de la tilapia a los patógenos invasores. PAMPs: patrones moleculares asociados a patógenos; PRRs, receptores de reconocimiento de patrones.

Las defensas inmunitarias innatas de la tilapia incluyen barreras físicas y varios componentes celulares y humorales. Las barreras físicas, compuestas por la piel, las escamas y las capas epiteliales de branquias y el tracto gastrointestinal, ayudan a prevenir la entrada de patógenos. El moco que recubre estas superficies atrapa patógenos y contiene diversas sustancias antimicrobianas, como lectinas, lisozimas, proteínas del complemento y péptidos antimicrobianos (AMP), que pueden neutralizarlos.

Si los patógenos logran penetrar estas barreras, el sistema inmunitario innato responde mediante componentes celulares y humorales. La respuesta humoral utiliza AMP, lisozima y proteínas para destruir patógenos o estimular la inflamación y la fagocitosis. Más de 90 AMP han sido identificados en

peces teleósteos, incluyendo β -defensinas y piscidinas, que demuestran actividad antimicrobiana. La β -defensina de la tilapia del Nilo, por ejemplo, inhibe el crecimiento de *Escherichia coli* y *Streptococcus agalactiae*, destacando el potencial terapéutico de las piscidinas en la mejora de la salud de los peces.

La respuesta inmune innata de la tilapia incluye componentes celulares como monocitos/macrófagos y granulocitos (neutrófilos y eosinófilos). Este proceso se activa mediante la interacción de receptores de reconocimiento de patrones (PRR) en estas células con patrones moleculares asociados a patógenos (PAMP) y patrones asociados al peligro (DAMP) provenientes de células estresadas o dañadas.

La inflamación es una respuesta del hospedero a la infección para eliminar patógenos y curar tejidos. Se han identificado diversas citoquinas inflamatorias en tilapia que muestran respuestas opuestas durante infecciones, como la regulación de IL-1 β y factor de necrosis tumoral alfa (TNF α) durante infecciones por *Lactobacillus rhamnosus* y *Streptococcus agalactiae*.

La fagocitosis es realizada principalmente por monocitos/macrófagos y neutrófilos. Durante este proceso, el patógeno es engullido y encerrado en un fagosoma que se fusiona con un lisosoma para formar un fagolisosoma, donde el patógeno es destruido por sustancias antimicrobianas como especies reactivas de oxígeno y óxido nítrico.

La activación del sistema inmunitario adaptativo en tilapia ocurre cuando un patógeno persiste en el hospedero, dividiéndose en respuestas humorales y mediadas por células, donde las células B y T son clave para la inmunidad celular. Las células presentadoras de antígenos (APC), como células dendríticas, monocitos/macrófagos y células B, desempeñan un papel crucial al presentar antígenos procesados a las células T, lo que conecta las respuestas innatas y adaptativas.

El reconocimiento de patógenos y la presentación de antígenos implican la asociación de antígenos con el complejo mayor de histocompatibilidad (MHC) en la superficie de las APC, que activan las células T a través de su receptor (TCR). Se han identificado varios tipos de linfocitos T en tilapia: linfocitos T colaboradores (CD4+), citotóxicos (CD8+) y reguladores (Treg).

Los linfocitos T CD8+ son esenciales para combatir patógenos intracelulares y células tumorales, mientras que los linfocitos T CD4+ son fundamentales para iniciar y regular las respuestas inmunitarias adaptativas. Este

sistema complejo destaca la importancia de la interacción entre los componentes innatos y adaptativos en la defensa inmunitaria de la tilapia.

La respuesta inmunitaria adaptativa humoral en tilapia es mediada por las células B, que producen inmunoglobulinas (Ig) específicas para antígenos, entre las cuales se han identificado IgM, IgD e IgT. La IgM es la principal inmunoglobulina en el suero y en la respuesta sistémica, mientras que la IgT es fundamental para la inmunidad mucosal, predominando en branquias, piel e intestinos. La IgM y la IgT se utilizan como indicadores de las respuestas de anticuerpos sistémicas y mucosales, respectivamente.

Los tejidos linfoides asociados a la mucosa (MALT), como el tejido linfoide de la piel (SALT), intestino (GALT) y branquias (GIALT), son cruciales para prevenir infecciones en las primeras etapas. Se ha demostrado que la vacunación mucosal en tilapia con nanopartículas contra *F. columnare* aumenta la expresión de IgT, IgM y citocinas inflamatorias.

Dado que muchos productos se administran por vía oral, se necesita una mejor comprensión de su impacto en el GALT y en otras respuestas del MALT, especialmente en cómo los probióticos pueden afectar la microbiota intestinal y, por ende, el crecimiento, digestión e inmunidad de los peces. Es crítico entender cómo estos productos influyen en la respuesta inmune de la tilapia para combatir patógenos específicos (bacterias, virus, parásitos). Aunque hay revisiones sobre inmunoestimulantes dietéticos, el efecto depende del tipo, dosis y método de administración. Un uso excesivo puede causar inmunosupresión, lo que subraya la necesidad de más investigaciones para optimizar los inmunoestimulantes en la tilapia.

MODULACIÓN DE LA SALUD INTESTINAL PARA MEJORAR LA INMUNIDAD DE LA TILAPIA CONTRA ENFERMEDADES

El uso incontrolado de antibióticos para el tratamiento de enfermedades puede provocar un desequilibrio en la dinámica natural de los microorganismos presentes en el cultivo de peces. Los investigadores están interesados en encontrar soluciones duraderas y respetuosas con el medio ambiente para el control de enfermedades en los sistemas de cultivo de tilapia. A continuación, se analizan las estrategias para gestionar la salud digestiva de la tilapia,

incluida la comprensión y la modulación de la microbiota intestinal, y la suplementación con extractos probióticos y herbales.

Microbioma intestinal

Las bacterias intestinales desempeñan un papel importante en la promoción de la salud de los peces y participan en el desarrollo de los tejidos linfoides en el intestino. Aunque el papel de la microbiota intestinal en el desarrollo de los órganos linfoides y el GALT se ha investigado en otras especies de peces, esto aún no se ha examinado en la tilapia. Los datos generados a partir de otras especies de peces pueden ayudar a informar sobre el papel del microbioma en la promoción de la inmunidad intestinal en la tilapia. Las funciones propuestas de la microbiota intestinal en el sistema inmunitario intestinal y la regulación de patógenos en la tilapia se muestran en la **Figura 2**.

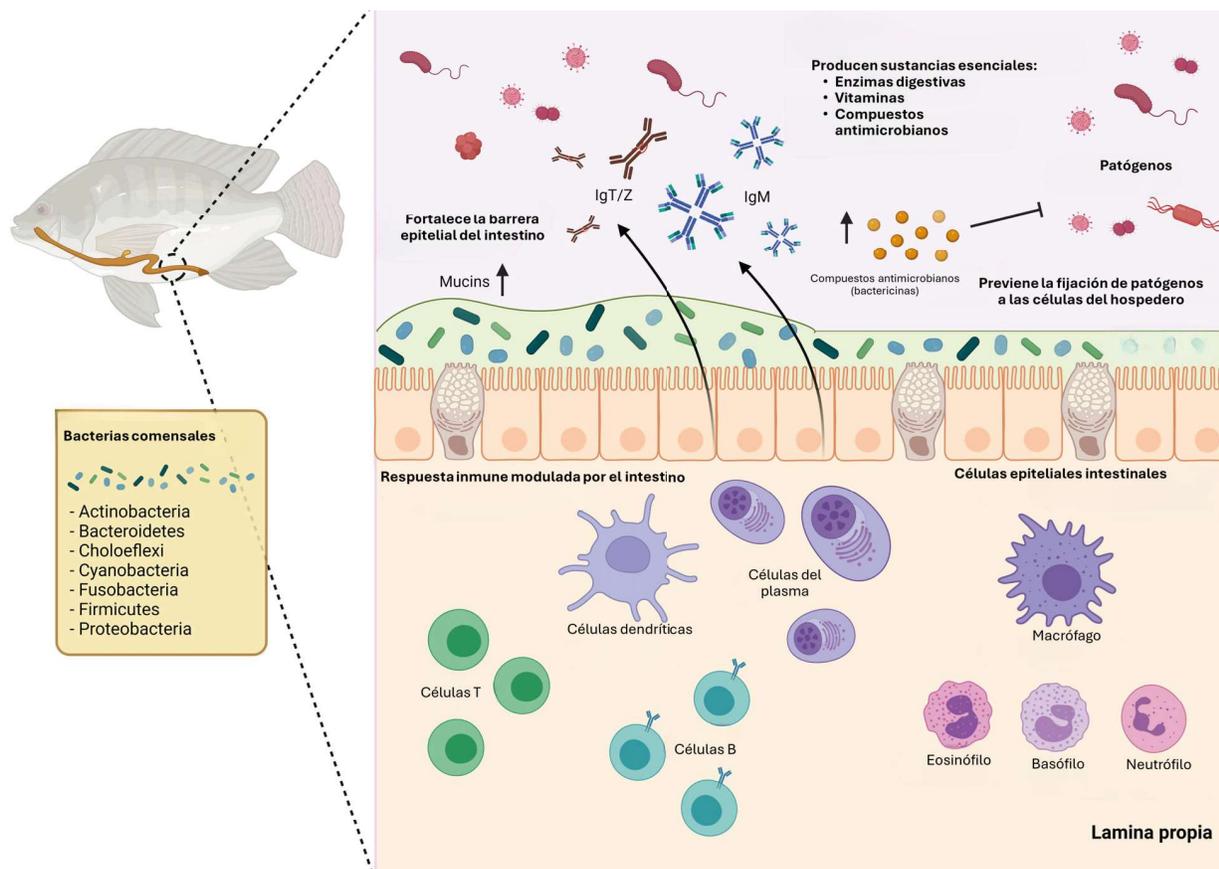


Figura 2. Las funciones propuestas de la microbiota intestinal en el sistema inmunitario intestinal y la regulación de patógenos en la tilapia.

La microbiota intestinal en ciertas especies de peces desempeña un papel crucial en el reclutamiento y desarrollo de células inmunitarias, así como en la formación de tejido linfoide en el intestino. La ausencia de microbiota, como se observa en el pez cebrá, puede limitar la diferenciación del epitelio intestinal y provocar un agotamiento de células caliciformes y enteroendocrinas. Además, la microbiota influye en el desarrollo del tejido linfoide asociado al intestino (GALT) y proporciona señales esenciales, como citocinas, para el reclutamiento de macrófagos y el mantenimiento de la homeostasis intestinal.

La microbiota intestinal también produce enzimas que facilitan el metabolismo de nutrientes, mejorando su absorción y, por ende, la conversión alimenticia y el crecimiento en tilapia. Bacterias beneficiosas protegen el epitelio intestinal al competir con patógenos, evitando su adhesión y proliferación.

Sigue siendo fundamental investigar la composición y el papel de la microbiota intestinal en la salud de los peces y su interacción con el sistema inmunitario, lo que ayudará a desarrollar estrategias para mantener un microbioma óptimo en la tilapia.

La diversidad de la microbiota intestinal en tilapia se ve influenciada por factores como las estaciones, la ubicación del cultivo, el sistema de cultivo y los ingredientes de los alimentos. También se ha observado que las temperaturas extremas afectan negativamente la diversidad de bacterias mesófilas en el intestino. Investigaciones han mostrado diferencias en las poblaciones bacterianas entre tilapia criadas en entornos naturales y en instalaciones de cultivo. Además, la tilapia cultivada en sistemas de recirculación muestra una microbiota más rica, lo que puede contribuir a una mayor

tasa de sobrevivencia al inhibir patógenos invasores.

El uso excesivo de antibióticos en la acuicultura puede alterar la microbiota intestinal y aumentar la susceptibilidad a infecciones. Para contrarrestar esto, se están utilizando estrategias alternativas, como la suplementación dietética con sal orgánica y compuestos fitogénicos, que han demostrado mantener la diversidad de la microbiota y reducir patógenos en tilapia. Además, el uso de probióticos y prebióticos, como productos de fermentación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, ha mostrado beneficios en la resistencia a infecciones y la mejora de la supervivencia de los peces.

A pesar de la investigación realizada sobre la composición de la microbiota intestinal, aún es necesario profundizar en los mecanismos de interacción entre las bacterias patógenas y la microbiota de tilapia.

Probióticos, prebióticos e inmunoestimulantes

La alimentación con probióticos es una estrategia eficaz para modular la microbiota intestinal en tilapia y promover la salud del pez. Los probióticos son microorganismos vivos que ofrecen beneficios al hospedero, actuando a través de varios mecanismos, como mejorar la función de barrera epitelial, adherirse a las células intestinales, inhibir patógenos y activar la inmunidad. Además, contribuyen a mejorar el entorno del hábitat del pez al descomponer materia orgánica y restringir el crecimiento de bacterias dañinas.

Varios tipos de bacterias han sido utilizados como probióticos en acuicultura para mejorar el crecimiento y la inmunidad de los peces. Por ejemplo, la alimentación con espirulina (*Arthrospira platensis*) y *Bacillus subtilis* ha mejorado las respuestas inmunitarias en tilapia, aumentando recuentos de glóbulos

rojos y blancos, además de reducir la mortalidad tras la infección con patógenos. Asimismo, se ha observado que otros probióticos, como *Pseudomonas fluorescens* y *B. pumilus*, también incrementan la sobrevivencia de los peces al potenciar sus funciones inmunitarias y aumentar la cantidad de leucocitos. En general, la inclusión de probióticos en la dieta de tilapia se ha asociado con mejoras en la salud y la resistencia a enfermedades.

El uso de probióticos no solo mejora el estado inmunológico de los peces, sino que también contribuye a un mayor rendimiento neto y un menor costo en la producción. Por otro lado, los prebióticos, que son carbohidratos complejos no digeribles, estimulan el crecimiento y la actividad de las bacterias intestinales, mejorando así las respuestas inmunitarias del hospedero. Cuando los prebióticos se combinan con probióticos, se denominan simbióticos y pueden potenciar los efectos saludables de ambos.

Los inmunoestimulantes, especialmente los β -glucanos derivados de la pared celular de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, son ampliamente utilizados en acuicultura para aumentar la resistencia de los peces a enfermedades, especialmente en momentos de inmunosupresión.

Aunque la aplicación de probióticos y aditivos en la alimentación de tilapia muestra resultados prometedores en el control de enfermedades, se requiere más investigación para optimizar su uso y entender mejor como estas sustancias afectan las interacciones entre el hospedero y los microorganismos in vivo.

Plantas medicinales

Las plantas medicinales han sido utilizadas como aditivos alimentarios en la alimentación de la tilapia, ya sea en su forma entera, en partes (hojas, raíces o semillas) o como

compuestos extraídos. Estas plantas son una importante fuente de compuestos bioactivos, incluyendo alcaloides, terpenoides y polifenoles, que han sido empleados como inmunoestimulantes en la medicina tradicional durante milenios. Su aplicación en acuicultura ha generado interés debido a su potencial para mejorar el crecimiento, la inmunidad y la salud de los peces.

Estudios han demostrado que las dietas suplementadas con extractos de hierbas, como pata de elefante, canela, cúrcuma, verdolaga y ajo, aumentan la actividad antibacteriana en tilapia, mejorando así su resistencia a enfermedades. Los compuestos bioactivos de estas hierbas pueden regular la proliferación de células inmunes y poseen propiedades antioxidantes. Además, el uso de plantas medicinales puede desencadenar respuestas inmunes en la mucosa de la tilapia.

Estos hallazgos sugieren que el uso de hierbas medicinales como inmunoestimulantes puede ser un enfoque efectivo para mejorar la inmunidad y resistencia a enfermedades en tilapia, al mismo tiempo que disminuye el uso de productos químicos en la producción acuícola.

VACUNACIÓN

La vacunación es esencial en el manejo de enfermedades infecciosas en la piscicultura, ya que estimula la inmunidad protectora y la memoria en los peces. La primera vacuna comercial para peces fue autorizada en 1976 para salmónidos, y actualmente hay varias vacunas bacterianas disponibles para tilapia. Sin embargo, las enfermedades virales como ISKNV y TiLV han causado altas mortalidades y significativas pérdidas económicas; y hasta ahora, solo existe una vacuna comercial para ISKNV. Se están desarrollando diferentes tipos de vacunas contra TiLV, incluyendo

vacunas vivas atenuadas, inactivadas, de ADN y de subunidades. Las vacunas inactivadas han mostrado un aumento en las tasas de sobrevivencia (81,3 - 86,3 %), y un refuerzo de la vacunación mejora significativamente la respuesta de anticuerpos. También se han desarrollado enfoques con antígenos inactivados y adyuvantes, logrando hasta un 86,7 % de sobrevivencia. Sin embargo, se necesita más investigación en vacunas virales para mejorar la gestión de enfermedades en la acuicultura de tilapia.

S. agalactiae se ha convertido en el principal patógeno bacteriano afectando la tilapia del Nilo cultivada, lo que ha llevado al desarrollo de diversas vacunas para mejorar la respuesta inmune. Desde la primera vacuna contra este patógeno en la década de 1930, la investigación y el uso de vacunas han avanzado significativamente, especialmente en las últimas dos décadas. Estas vacunas se clasifican en replicativas (vivas, atenuadas y ADN) y no replicativas.

Se ha demostrado que una vacuna atenuada de *S. agalactiae*, seleccionada por su resistencia a antibióticos como la esparfloxacina, proporciona una protección del 100 % en tilapia de diferentes tamaños tras inyección intraperitoneal (IP). Otra vacuna atenuada resistente a la eritromicina mostró tasas de sobrevivencia relativa del 95 % a 16 semanas postvacunación. Un mutante $\Delta 2$ de *S. agalactiae* también mostró una sobrevivencia relativa del 93,05 % tras IP.

Las vacunas de ADN se han desarrollado usando diversas proteínas de superficie del patógeno, como SIP, LPXT, FbsA, entre otras. Estas vacunas generalmente han demostrado ofrecer una mayor protección en comparación con las vacunas inactivadas de células enteras. En general, el enfoque en vacunas para *S. agalactiae* en tilapia ha evolucionado, mostrando promesas significativas en la mejora de la inmunidad

contra esta infección bacteriana.

Los sistemas de administración de antígenos sin replicación para combatir *S. agalactiae* en tilapia incluyen vacunas inactivadas de células completas (IWC), subunidades y proteínas extracelulares (ECP). Estudios han demostrado que las vacunas basadas en cepas muertas de *S. agalactiae* en formol son altamente efectivas contra desafíos letales.

Se ha desarrollado una vacuna de subunidad con la proteína Sip, que mostró alta efectividad, y otras vacunas de subunidades que codifican la proteína de unión al fibrinógeno A (FbsA) y la α -enolasa también brindaron buena protección. Las vacunas ECP, que se preparan nucleando el líquido libre de células y luego inactivándolo con formalina, han mostrado niveles bajos de protección, pero cuando se combinan con vacunas IWC, ofrecen mejor eficacia que cualquiera de las dos por separado.

Durante el desarrollo de una vacuna para la tilapia, es esencial considerar varios factores, como el tipo de antígenos y adyuvantes, el número de dosis necesarias y la ruta de administración. Las vacunas por inmersión y orales son más prácticas para vacunar grandes poblaciones, especialmente peces pequeños. Sin embargo, las vacunas deben complementarse con otras prácticas de manejo, como un diagnóstico efectivo, eliminación de peces infectados y promoción de la salud mediante métodos alternativos.

El momento de la vacunación es crucial, ya que debe optimizarse para que la protección máxima coincida con el período de mayor riesgo de enfermedad. Se ha demostrado que las células muertas de *S. agalactiae* administradas a tilapia de 30 g ofrecen un RPS del 80 % a los 30 días postvacunación. Una vacuna polivalente ha mostrado protección significativa en tilapia de diferentes tamaños contra múltiples aislados del patógeno.

Se debe vacunar tiempo antes de la exposición al patógeno para permitir que la inmunidad se desarrolle adecuadamente; sin embargo, no debe hacerse demasiado pronto, ya que la inmunidad puede disminuir. Además, factores como la temperatura del agua y el tamaño de los peces son importantes a la hora de decidir el momento de la vacunación. Estos elementos están interrelacionados y deben considerarse conjuntamente.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

La decisión de los piscicultores de inmunoestimular su tilapia se basa en consideraciones económicas de costos y beneficios. La vacunación es el método más estudiado para mejorar la inmunidad de los peces, y se ha desarrollado un modelo para calcular el punto de equilibrio entre los costos de vacunación y las pérdidas por enfermedades, incluyendo costos laborales y efectos secundarios. Sin embargo, no se ha realizado una evaluación económica de la vacuna contra *Streptococcus* sp. en tilapia. En comparación, se ha demostrado que la vacuna contra la vibriosis en salmón del Atlántico es económicamente beneficiosa si la enfermedad causa significativas muertes en peces no vacunados. Se han desarrollado modelos económicos que evalúan el riesgo de la enfermedad, la eficacia de la vacuna y el precio del pescado, concluyendo que los piscicultores deben optar por la vacuna que ofrezca el mejor nivel de protección, incluso si tiene un costo por dosis más alto, debido al impacto positivo de la eficacia en el resultado económico.

CONCLUSIÓN Y ORIENTACIONES FUTURAS

Las recientes epidemias de bacterias y virus emergentes en la acuicultura de tilapia han causado muertes masivas, afectando gravemente la seguridad alimentaria y los beneficios socioeconómicos en países dependientes de esta producción. Para abordar estos desafíos, se proponen diversas estrategias que incluyen una gobernanza eficaz de la bioseguridad, buenas prácticas en la gestión sanitaria, y tecnologías preventivas como la utilización de semillas limpias y la vacunación. La aplicación del "pensamiento crítico de puntos de control" a lo largo de la cadena de valor ayuda a identificar y gestionar riesgos asociados con enfermedades.

Además, es fundamental sensibilizar y capacitar a los pequeños productores, y promover una combinación de buena salud, nutrición y genética para generar hospederos más resistentes. Un manejo efectivo de enfermedades, que incluya el uso de probióticos y buenas prácticas, puede mejorar la producción de tilapia. Sin embargo, la decisión de utilizar productos para la salud de los peces depende de prácticas acuícolas, percepciones de los productores y el análisis costo-beneficio.

Crear un entorno menos estresante para los peces a través de una buena gestión, calidad del agua y bioseguridad es esencial. La rapidez en la respuesta a brotes y la disponibilidad de diagnósticos precisos son cruciales para limitar el daño. La vacunación se destaca como una de las prácticas más efectivas en el control de enfermedades infecciosas en la acuicultura, como lo demuestra su éxito en los salmónidos.

Las estrategias que mejoran la salud de

la tilapia también contribuyen al control de enfermedades. Se han destacado enfoques actuales para aumentar la salud y resistencia a enfermedades, como el uso de inmunomoduladores, hierbas y la suplementación de dietas con probióticos y prebióticos. Estos productos no solo fortalecen la respuesta inmunitaria de los peces, sino que también promueven un equilibrio saludable en el microbioma intestinal, evitando desequilibrios microbianos causados por estrés ambiental o enfermedades.

Es crucial comprender mejor el papel de la microbiota intestinal en procesos biológicos importantes, tales como la modulación del metabolismo, la protección del hospedero contra patógenos mediante la colonización competitiva y la producción de antimicrobianos. Además, se requiere un mayor desarrollo e implementación de vacunas efectivas para mitigar el impacto de enfermedades infecciosas en las granjas de tilapia.

Se utilizarán nuevas tecnologías, como la selección asistida por marcadores (MAS) y

la secuenciación de próxima generación, para identificar cepas de tilapia resistentes a enfermedades y aumentar su supervivencia frente a patógenos virulentos. Además, los avances en tecnología de sensores permitirán monitorear la calidad del agua, optimizar la alimentación y detectar patógenos en ambientes de cría, mejorando así la gestión de la salud de la tilapia y limitando la propagación de enfermedades en las granjas. La integración de estas tecnologías con las estrategias previamente descritas mejorará significativamente la salud y supervivencia de la tilapia, así como reducirá el uso de antibióticos.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Strategies to enhance tilapia immunity to improve their health in aquaculture" escrito por Wang, B., Thompson, K. D., Wangkahart, E., Yamkasem, J., Bondad-Reantaso, M. G., Tattiyapong, P., Jian, J. y Surachetpong, W. Publicado originalmente en *Reviews in Aquaculture*. 2023; 15: 41-56.

<https://doi.org/10.1111/raq.12731>



AirMMax
Qingdao AirMMax Aeration Equipment Co., Ltd

Fabricante y proveedor de equipos
y sistemas de aireación
para acuicultura, principalmente
para el cultivo de camarón.

WWW.AIRMMAX.COM
WWW.AIRMMAXBLOWER.COM

Prilabsa

DESDE 1992
SOMOS CALIDAD,
CONFIANZA Y
garantía



www.prilabsa.com | [f](#) | [in](#) | [@](#)

USO DE INMUNOESTIMULANTES EN LA CRÍA DE CAMARONES: UNA PERSPECTIVA BIOECONÓMICA

Cuerpo Editorial de El Acuicultor

Introducción

La acuicultura de camarón es esencial para la producción de alimentos a nivel mundial y se realiza bajo diversos sistemas (extensivos, semi-intensivos, intensivos y superintensivos). Sin embargo, la intensificación de esta práctica ha conducido a brotes de enfermedades, principalmente causadas por patógenos virales y bacterianos, que afectan especialmente a Asia y América Latina. Las enfermedades prioritarias en camarones incluyen la necrosis hepatopancreática aguda, la enfermedad por el virus iridiscente 1 del decápodo, la enfermedad causada por *Enterocytozoon hepatopenaei*, la enfermedad por necrosis hipodérmica y hematopoyética, la enfermedad por el virus de la mionecrosis infecciosa, la hepatopancreatitis necrotizante (*Hepatobacter penaei*), enfermedad por el virus del síndrome de Taura, enfermedad de la mancha blanca y enfermedad de la cabeza amarilla; todas causantes de pérdidas anuales significativas en ingresos, las cuales se estiman en miles de millones de dólares.

Aunque los antibióticos han sido utilizados para controlar brotes, su uso genera

preocupaciones sobre la resistencia microbiana y la contaminación ambiental. En ausencia de tratamientos eficaces y rentables, estas enfermedades han obstaculizado la producción sostenible de camarones, impulsando a la industria a buscar alternativas y prácticas de cultivo más eficientes.

Las estrategias alternativas para reducir la dependencia de antibióticos en la acuicultura de camarón han ganado relevancia, especialmente mediante el fortalecimiento del sistema inmunológico de los camarones. Esto se logra utilizando inmunoestimulantes, que pueden ser naturales (como probióticos y compuestos de plantas) o sintéticos, y también se han desarrollado inmunoestimulantes recombinantes a partir de bacterias, levaduras y microalgas. Aunque estos enfoques muestran promesas para mejorar la resistencia a enfermedades, es fundamental considerar los costos de producción al implementar estas prácticas en granjas.

La toma de decisiones informadas es esencial para optimizar la producción, y el éxito del cultivo de camarones depende de varios factores, incluyendo el uso de estos

aditivos. Es necesario analizar la rentabilidad y el aumento de la biomasa que aportan los inmunoestimulantes en comparación con prácticas acuícolas convencionales. La acumulación de conocimiento en bioeconomía aplicada a la acuicultura ha permitido estudiar el rendimiento óptimo en

este ámbito. El objetivo de esta perspectiva es resumir los inmunoestimulantes más relevantes utilizados en granjas camaroneras y ofrecer consideraciones bioeconómicas para el desarrollo de inmunoestimulantes asequibles y efectivos.

¿Cuál es la rentabilidad del sistema?

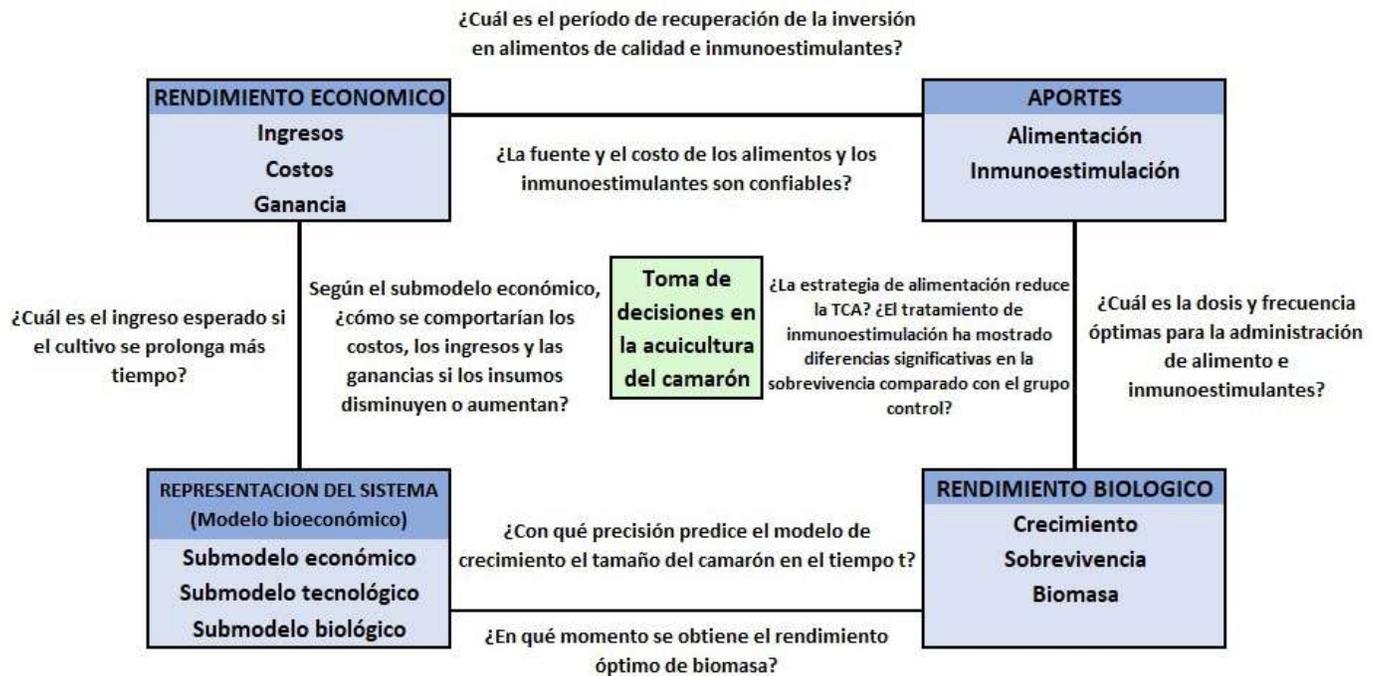


Figura 1. La toma de decisiones en la acuicultura de camarón se centra en la importancia de adquirir insumos esenciales, especialmente alimentos. En sistemas intensivos o superintensivos, la incorporación de potenciadores biológicos como inmunoestimulantes es crucial. Estos deben ser probados para determinar dosis y frecuencias óptimas, evaluando estadísticamente su capacidad para mejorar las tasas de sobrevivencia en comparación con tratamientos de control. La efectividad de la inmunoestimulación se mide mediante el rendimiento biológico, que incluye tasas de crecimiento y sobrevivencia, contribuyendo a la acumulación de biomasa. Es fundamental asegurar las dosis y frecuencias de alimentación adecuadas para mantener un sistema eficiente y reducir o mantener la tasa de conversión alimenticia (TCA). Para entender la dinámica del sistema, se utiliza un modelo bioeconómico que permite reflejar y predecir el comportamiento del sistema en términos de rendimientos biológicos y económicos. Este modelo facilita la exploración de nuevos enfoques relacionados con insumos y factores de producción, así como cálculos anticipados de ingresos, costos y ganancias.

Producción acuícola de camarón

El cultivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*), es una industria en rápido crecimiento que satisface una creciente demanda de alimentos marinos. Aunque la mayoría de la producción se lleva a cabo en sistemas semi-intensivos, hay una tendencia ascendente hacia la intensificación de las prácticas de producción; enfocada en mejorar el rendimiento mediante factores técnicos y biológicos, como la reproducción selectiva, la calidad de las dietas y el uso de probióticos. Sin embargo, los camarones a menudo enfrentan factores estresantes que afectan su sistema inmunológico, haciéndolos vulnerables a enfermedades infecciosas, lo que impacta negativamente en la productividad y la rentabilidad.

Para abordar estos desafíos, se han desarrollado tecnologías innovadoras, incluidas soluciones como los inmunoestimulantes, que mejoran la respuesta inmunitaria de los camarones, ofreciendo una opción valiosa para mantener la productividad y la sostenibilidad económica en la acuicultura.

Inmunoestimulantes para la acuicultura de camarón

Los inmunoestimulantes son sustancias, ya sean de origen natural o químico, que mejoran y activan mecanismos de defensa en el sistema inmunológico de los organismos, fortaleciendo su capacidad para combatir infecciones. Pueden administrarse por inyección, inmersión o, más comúnmente, a través de alimentos, debido a su rentabilidad y facilidad de aplicación. Existen diversas opciones comerciales y experimentales

de inmunoestimulantes en el cultivo del camarón.

Se han estudiado una amplia gama de inmunoestimulantes, incluyendo probióticos, plantas, polisacáridos y proteínas recombinantes, algunos de los cuales ya están en uso. Estos suplementos se administran generalmente mediante el alimento. Es crucial que un inmunoestimulante sea reconocido por el organismo hospedero y capaz de inducir respuestas inmunitarias efectivas para ofrecer protección contra enfermedades. Investigaciones han identificado receptores en los camarones que reconocen estas moléculas, activando mecanismos reguladores en las células inmunitarias, lo que puede resultar en una respuesta inmunitaria efectiva contra infecciones.

Probióticos

Para entender la importancia de los inmunoestimulantes en la acuicultura del camarón, es esencial considerar los probióticos, que son microorganismos vivos que ofrecen beneficios para la salud del hospedero mediante mecanismos como la inmunoestimulación y la exclusión competitiva. Principalmente, se utilizan bacterias y levaduras como probióticos en esta industria, siendo la biotecnología más común para combatir enfermedades infecciosas, con muchas dietas comerciales que los incluyen.

Existen conceptos complementarios relacionados con los probióticos, como los prebióticos (polisacáridos que sirven de alimento para los probióticos), simbióticos (combinación de prebióticos y probióticos), paraprobióticos (probióticos no viables) y postbióticos (sustancias derivadas de los probióticos). Estos últimos se enfocan en efectos inmunomoduladores en la salud.

Polisacáridos

Varios polisacáridos producidos por organismos procariotas y eucariotas han mostrado actividad inmunoestimulante en camarones, destacando los β -glucanos, que se obtienen principalmente de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y algas. La efectividad de los β -glucanos depende de sus características fisicoquímicas, dosis, frecuencia y vía de administración.

Además de los β -glucanos, se han utilizado extractos de plantas de diversas familias, que también han demostrado propiedades inmunoestimulantes. Por ejemplo, polisacáridos derivados de frutos y extractos de raíces han revelado potencial para aumentar la resistencia a enfermedades en camarones. Existen productos comerciales que contiene β -1,3/1,6 glucanos de *Saccharomyces cerevisiae*, que estimulan los fagocitos y la producción de citocinas, mejorando la respuesta inmunitaria y favoreciendo la defensa contra infecciones. Otro producto similar, la levadura de cerveza rica en polisacáridos, tiene funciones inmunoestimulantes que contribuyen a la salud y resistencia de los camarones ante infecciones.

Plantas medicinales

Las plantas con propiedades medicinales para humanos han demostrado ser rentables y se han seleccionado para la acuicultura debido a sus compuestos inmunoestimulantes bioactivos. Diferentes partes de estas plantas, como semillas, raíces, flores, frutos y hojas, se han administrado a los peces por diversas vías, incluidas la oral, la inmersión y la inyección. La dosis de inmunoestimulantes vegetales es fundamental para la inmunomodulación y la resistencia a enfermedades en camarones, y se ha comprobado que las algas también tienen propiedades inmunoestimulantes en

varias especies de camarones.

Existen en el mercado productos comerciales que se utilizan en criaderos y estanques de camarones para optimizar la competencia inmunológica, eliminar patógenos (particularmente vibrios) y mejorar la sobrevivencia. Sin embargo, se observa que los productos comerciales a base de plantas medicinales suelen estar formulados con otros compuestos y se utilizan también como desinfectantes.

Proteínas recombinantes

Las proteínas recombinantes se han presentado como una alternativa prometedora para la inmunoestimulación en camarones, utilizando técnicas de ingeniería genética para producir antígenos específicos de patógenos virales y bacterianos. Estas proteínas se expresan en bacterias, levaduras y microalgas y su administración ha mostrado beneficios notables, incluyendo mejoras en parámetros inmunológicos y resistencia a infecciones.

Por ejemplo, la administración de la proteína recombinante VP28 del virus del síndrome de la mancha blanca, en combinación con el adyuvante poli I:C, incrementó la tasa de sobrevivencia del camarón kuruma (*Marsupenaeus japonicus*). Además, la inyección de proteínas naturales recombinantes, como la lisozima, mejora varios parámetros inmunológicos en los camarones, incluyendo el recuento de hemocitos y las actividades fagocíticas.

Estos resultados sugieren un considerable potencial de las proteínas recombinantes como inmunoestimulantes efectivos en la acuicultura, ofreciendo estrategias innovadoras para manejar enfermedades y mejorar la salud y productividad en el cultivo de camarones. Sin embargo, hasta ahora no existen proteínas recombinantes comerciales disponibles para esta industria.

Bioflóculos

La tecnología de bioflóculos (BFT) se ha convertido en una práctica sostenible que ayuda a mitigar impactos ambientales y prevenir la introducción de patógenos. La comunidad microbiana en el sistema BFT juega un papel importante en la desintoxicación de nutrientes, mejorando la utilización del alimento y promoviendo el crecimiento de los animales. Este sistema alberga diversas bacterias que contienen componentes como lipopolisacáridos, peptidoglicanos y β -1,3-glucanos, los cuales estimulan la actividad inmune en los camarones.

El uso de diferentes fuentes de carbono también influye en la calidad del agua y aumenta parámetros inmunitarios específicos, como el recuento de hemocitos y la actividad de la profenoloxidasa. La combinación de glucosa con medios biofloc de la familia Rhodobacteraceae ha mostrado efectos inmunoestimulantes, regulando la microbiota intestinal y contribuyendo a un sistema inmunológico saludable.

A pesar del amplio estudio sobre inmunoestimulantes en acuicultura, hay una falta notable de análisis bioeconómicos sobre su implementación. Aunque estos aditivos se han incorporado en las dietas comerciales, los aspectos económicos de su uso requieren una evaluación más profunda para entender su rentabilidad y los beneficios en el cultivo de camarones.

Bioeconomía en la acuicultura de camarón

Conceptos básicos en bioeconomía

El concepto de bioeconomía se define como un marco económico dinámico que destaca la interacción entre las crecientes necesidades humanas y la riqueza sostenible de los recursos naturales renovables. En

este contexto, se utilizan recursos biológicos para obtener materias, productos químicos y energía, promoviendo el equilibrio ecológico y la resiliencia.

La comprensión de la dinámica biológica y económica en los sistemas de producción animal es crucial, dado que éstos dependen de organismos vivos en sus etapas iniciales. Esta comprensión se convierte en un recurso esencial para la toma de decisiones en la gestión agrícola. Así, el marco de la bioeconomía abarca elementos fundamentales como costos, ingresos y ganancias, y se integra con consideraciones biológicas relacionadas con el crecimiento, la supervivencia y la acumulación de biomasa.

Ingresos

Los ingresos se definen como las entradas monetarias generadas por los rendimientos comercializados en un sistema de producción. En acuicultura, estos ingresos provienen de los organismos cosechados, incluyendo peces, crustáceos, moluscos y otras especies de importancia ecológica. La cuantificación de los ingresos es una métrica clave para evaluar la dinámica financiera de los sistemas bioeconómicos, resaltando los resultados tangibles de las estrategias de uso sostenible de recursos.

Costos

En el contexto de una empresa funcional, la noción de costos va más allá de los simples intercambios monetarios, abarcando la asignación de recursos. Los costos representan las finanzas necesarias para adquirir y mantener activos y actividades esenciales para el funcionamiento armonioso de las operaciones. En un ecosistema empresarial que se basa en principios de bioeconomía, los costos se consideran desembolsos estratégicos de recursos financieros destinados a sostener el dinámico ciclo de vida de la producción.

Beneficio (ingresos netos)

El beneficio se define como el superávit financiero obtenido al restar los costos totales de los ingresos totales, funcionando como un indicador del rendimiento económico en operaciones bioeconómicas. Matemáticamente, se expresa como $\text{Beneficio} = \Sigma \text{Ingresos} - \Sigma \text{Costos}$. Esta medida no solo refleja la viabilidad económica de los esfuerzos, sino que también actúa como un indicador de eficacia, mostrando la relación entre la generación de ingresos y la gestión eficiente de los recursos dentro del marco de la bioeconomía.

Crecimiento

El crecimiento es un proceso biológico clave que implica la generación y reorganización de tejidos en un organismo vivo, realizado a través de la división y diferenciación celular, influenciado por instrucciones genéticas y estímulos ambientales. En acuicultura, el crecimiento es un indicador crucial que señala cuándo un organismo ha alcanzado una etapa comercialmente viable, es decir, el "tamaño de mercado" adecuado en términos de longitud, forma y/o peso para su venta.

Sobrevivencia

En una población inicial, ya sea en un ecosistema natural o artificial, la sobrevivencia es una variable biológica clave que mide el número de organismos que persisten desde un punto temporal inicial "a" hasta un punto posterior "b", en relación con la población original en "a". En acuicultura, esta métrica es particularmente significativa, ya que indica el bienestar de los organismos cultivados a lo largo de su desarrollo. Así, la sobrevivencia refleja la eficacia de los protocolos de manejo y cuidado aplicados en el proceso de cultivo.

Biomasa

La biomasa es un concepto clave en la evaluación del rendimiento acuícola, y

se refiere a la masa total de organismos cultivados. Se calcula multiplicando el peso promedio de los organismos por la población existente en una etapa específica del cultivo, expresándose matemáticamente como $B_t = w \times n$ donde w es el peso medio individual y n es el número de organismos sobrevivientes en ese momento. La biomasa refleja la interacción entre el crecimiento y la sobrevivencia dentro del ecosistema gestionado.

Para fomentar prácticas de acuicultura de camarón sostenibles y rentables, es fundamental considerar factores económicos como costos marginales, ingresos, demanda del mercado y rentabilidad. También es vital incorporar las dimensiones ecológicas, abordando la renovabilidad de recursos y gestionando desechos efectivamente. Realizar investigaciones sobre inmunoestimulantes, considerando estos factores, ayuda a simular escenarios y anticipar el éxito de su implementación en granjas, proporcionando información que permita a las partes interesadas tomar decisiones informadas para optimizar el rendimiento y los resultados económicos.

Evaluaciones bioeconómicas en la acuicultura de camarón: construyendo el camino hacia la mejora de la inmunidad para la gestión sostenible de los recursos

El objetivo principal de las granjas acuícolas es maximizar la rentabilidad a través del aumento de las tasas de crecimiento y sobrevivencia de los organismos cultivados, al tiempo que se reducen los gastos operativos mediante la minimización del

consumo de energía y la adquisición de recursos asequibles. Para lograr esto, es fundamental realizar una evaluación bioeconómica integral, empleando técnicas de modelado y análisis estadísticos. Esta evaluación puede variar según el tipo de sistema acuícola, como semi-intensivo, intensivo o superintensivo.

En sistemas superintensivos, la inclusión de inmunoestimulantes es fundamental. Se ha evaluado el uso de probióticos en estos sistemas con resultados de mejor renovabilidad y rendimiento ambiental. Esto se atribuyó al uso de bioflóculos y probióticos, que ayudan a gestionar desechos orgánicos en los estanques de producción. Microorganismos como *Pseudomonas*, *Acinetobacter* y otros desempeñan un papel clave en la sostenibilidad y eficacia de estos sistemas.

Los microorganismos probióticos ayudan a mitigar la acumulación de nitritos y nitratos y a satisfacer la demanda de oxígeno en estanques con alta densidad de población. Se sugiere que los probióticos pueden fortalecer el sistema inmunológico de los camarones, lo que podría mejorar la evaluación bioeconómica al considerar variables inmunológicas. Se presume que la implementación de inmunoestimulantes que mejoren la sobrevivencia o la tasa de crecimiento podrían resultar en mayores ganancias.

Además, la sustitución de parte del alimento por un aditivo inmunoestimulante tiene el potencial de reducir significativamente los costos de alimentación, manteniendo la productividad. Esto subraya la importancia de explorar formulaciones de alimentación alternativas.

Integración de tecnologías de inmunoestimulación en la cría de camarones a través del análisis bioeconómico

En las últimas dos décadas, se han realizado numerosas evaluaciones dentro del marco bioeconómico para optimizar el cultivo de camarón, abarcando diversas estrategias acuícolas y factores de producción, así como análisis de riesgos ante la incertidumbre en los resultados de producción. La investigación se ha centrado principalmente en la densidad de población, la alimentación óptima y la gestión de la calidad del agua. Sin embargo, los beneficios económicos derivados de la mejora del rendimiento biológico y la salud a través de la inmunoestimulación han recibido menos atención, aunque recientemente ha comenzado a integrarse en un enfoque de investigación más amplio sustentado por consideraciones bioeconómicas.

Al abordar las tecnologías de inmunoestimulación en acuicultura, es crucial definir el origen y naturaleza del inmunoestimulante, ya sea sintético o comercial, asegurando que haya sido evaluado adecuadamente para determinar dosis y frecuencias óptimas de administración. Estas evaluaciones deberían incluir ensayos en condiciones de laboratorio y, siempre que sea posible, en entornos que simulen las condiciones de producción comercial.

Durante el ciclo de cultivo, es esencial monitorear la sobrevivencia y la acumulación de biomasa, así como documentar los costos y proyectar ingresos al alcanzar el

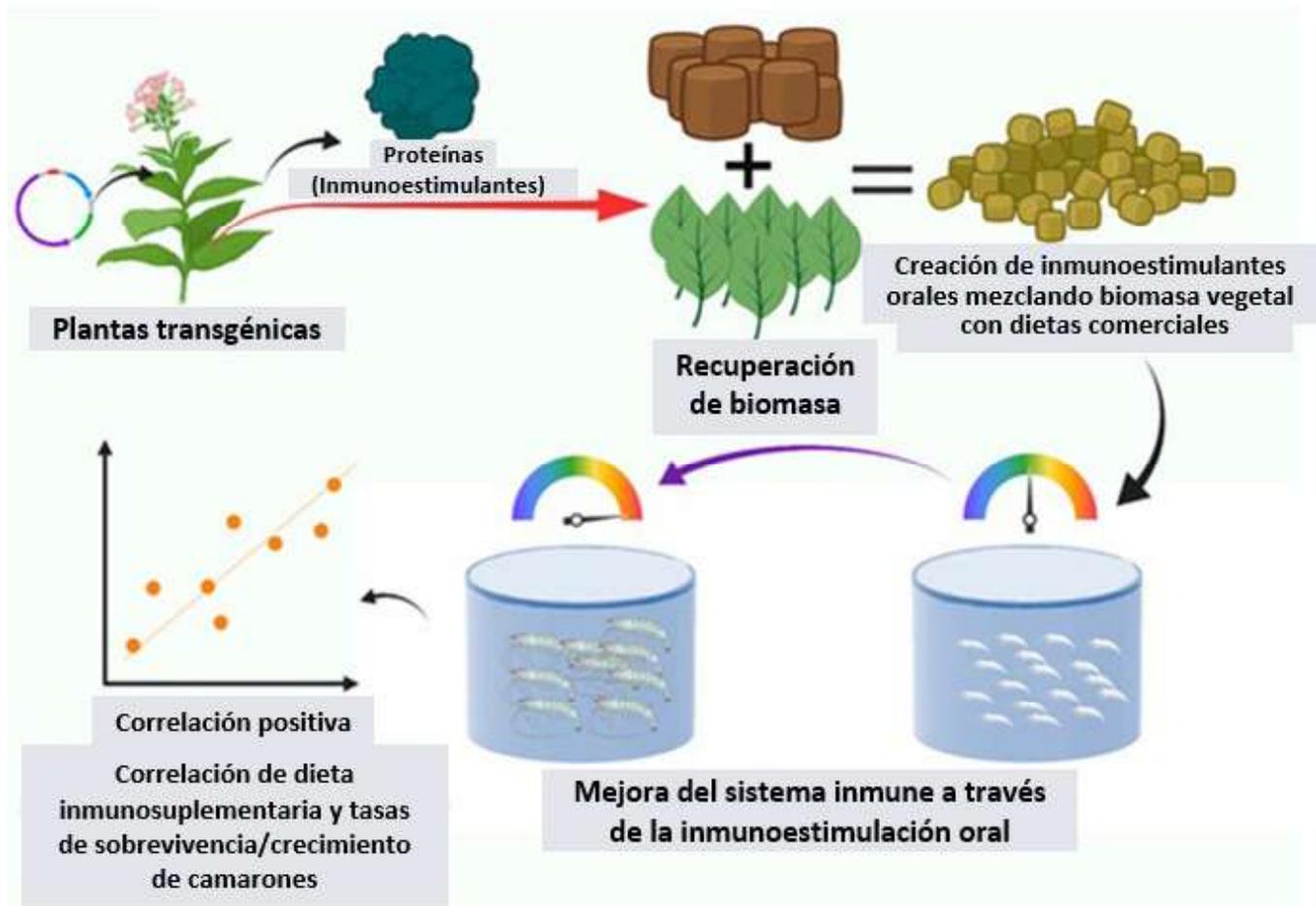


Figura 2. Ilustración del flujo de trabajo para la producción, administración y evaluación de inmunostimulantes recombinantes de origen vegetal en el cultivo de camarones. El proceso comienza con la transcripción del gen recombinante en una planta transgénica, como el tabaco, lo cual requiere cuidados y nutrición adecuados para lograr una acumulación de biomasa óptima. Esta biomasa se transforma luego al fusionarse con alimentos comerciales para crear pellets diseñados para la administración sistémica. A lo largo de las siguientes semanas, se observa una correlación entre el tamaño de los camarones, la tasa de sobrevivencia y la eficacia del alimento enriquecido con inmunostimulantes, reflejando la interacción entre este enfoque innovador y los resultados biológicos en el sistema de acuicultura.

tamaño mínimo del mercado. Esto requiere la formulación de sub modelos económicos y biológicos, permitiendo una perspectiva holística de las unidades productivas mediante un modelo bioeconómico que facilite simulaciones de diferentes escenarios.

Dada la complejidad del modelado, una alternativa viable es utilizar modelos

preexistentes adaptándolos a los datos y condiciones específicas del cultivo. Un modelo bioeconómico podría incluir sub modelos tecnológicos que analicen el costo de la alimentación o la energía. Por ejemplo, un sub modelo de alimentación identificaría los costos asociados a la mezcla de inmunostimulantes con el

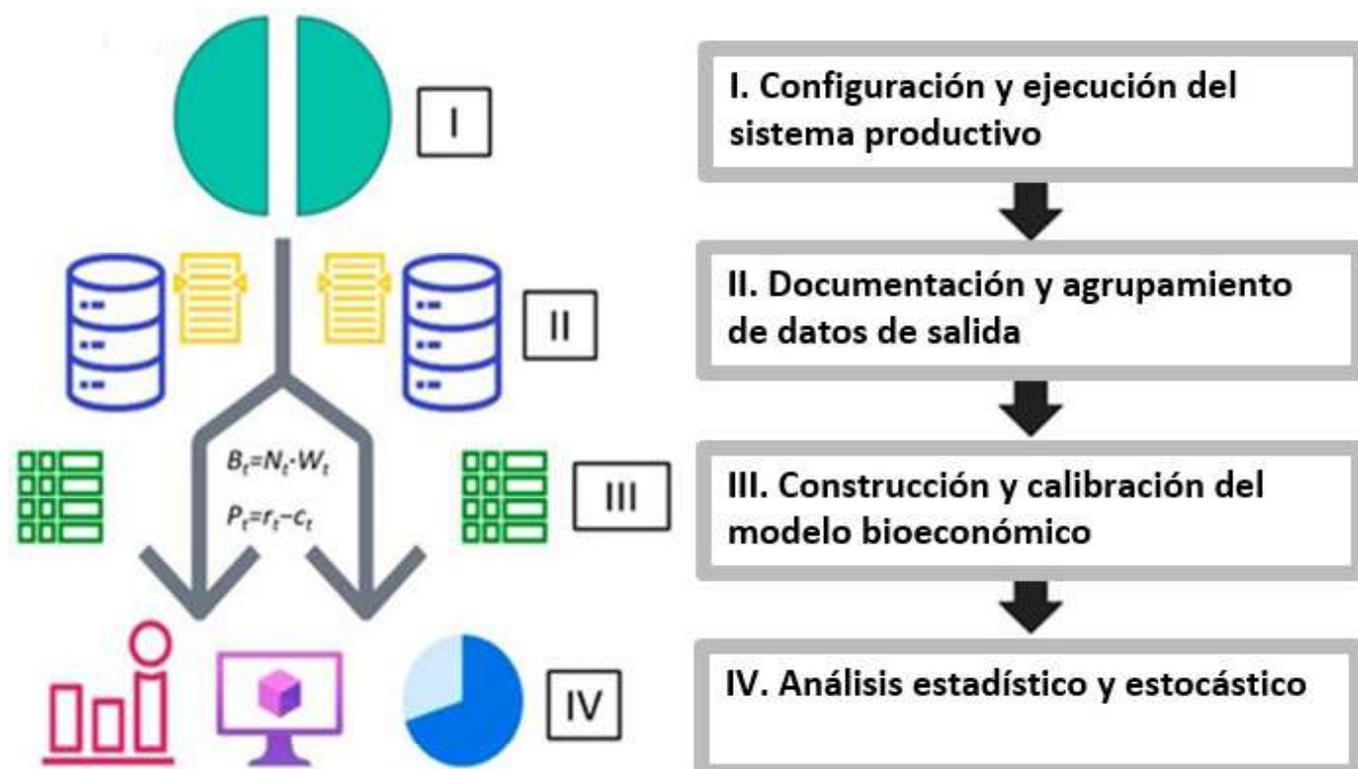


Figura 3. Proceso de evaluación bioeconómica de una tecnología de inmunestimulación en la cría de camarones, que consta de varias etapas: I. Se debe configurar la infraestructura de la granja para operar de manera controlada en dos segmentos: uno para el tratamiento de control y otro para la inmunestimulación. II. Una vez operativos, se deben documentar y categorizar cuidadosamente los datos de producción, incluyendo variables biológicas (como peso y supervivencia del camarón) y costos fijos y variables. III. Con los datos organizados en hojas de cálculo, se construye un modelo bioeconómico para representar de manera óptima ambos sistemas. IV. Para la comparación, se utilizan relaciones de rentabilidad y costo-beneficio, junto con análisis estadísticos de variables clave, como el peso y la longitud de los camarones, y un análisis estocástico para evaluar la viabilidad económica de extender el período de cultivo. Esta figura proporciona una visión general del proceso de evaluación bioeconómica integral para analizar el impacto de la tecnología de inmunestimulación en la cría de camarones.

alimento, mientras que un sub modelo de energía podría evaluar el ahorro energético proporcionado por el uso de probióticos o biofloc, cuantificando así el gasto energético a lo largo del ciclo productivo y ofreciendo una comprensión detallada de la dinámica energética del sistema.

Una vez organizados y calibrados los datos de salida de los modelos para reflejar la dinámica de las unidades de producción, el siguiente paso es realizar análisis estadísticos y de riesgo sobre los resultados de producción. Dado que algunos inmunostimulantes pueden perder eficacia con el uso prolongado, se propone llevar a cabo un análisis de riesgo comparando el

escenario de control con el de tratamiento de inmunoestimulación. Este análisis evaluará el potencial de aumento de biomasa e ingresos al extender el periodo de cultivo más allá del tamaño de mercado objetivo.

En el contexto del engorde postlarvario en cultivos intensivos, se puede utilizar un enfoque de distribución triangular para estimar la probabilidad de mantener o superar tasas de sobrevivencia al final del ciclo de producción. Por ejemplo, si las tasas de sobrevivencia oscilan entre el 70 y el 90 %, se utilizarían estos valores para evaluar la viabilidad de mantener una tasa de sobrevivencia del 90 % durante un tiempo prolongado.

Este análisis es crucial para culminar en un enfoque bioeconómico integral, que refleje no solo la interacción entre factores económicos y biológicos, sino también las incertidumbres del proceso de producción, como se ilustra en la **Figura 3**.

Conclusiones

La evidencia respalda el uso de inmunoestimulantes en la acuicultura de camarón, especialmente aquellos administrados por vía oral como aditivos para alimentos, que han demostrado mejorar la respuesta inmune y resistencia a enfermedades, beneficiando así la salud y productividad de los camarones. Sin embargo, es crucial reforzar estos hallazgos con un sólido apoyo estadístico mediante una evaluación bioeconómica que analice la viabilidad económica de estos inmunoestimulantes.

Este análisis debe proporcionar información sobre la rentabilidad y los beneficios de incorporar inmunoestimulantes en las dietas comerciales, permitiendo a las partes

interesadas tomar decisiones informadas sobre su implementación. La integración de elementos bioeconómicos ayudará a simular diferentes escenarios y anticipar el éxito potencial de su aplicación en explotaciones, contribuyendo al crecimiento sostenible de la industria acuícola.

Es vital presentar resultados que vayan más allá de la simple mejora de la sobrevivencia, enfatizando los beneficios económicos cuantificables que pueden reforzar la confianza de los productores en invertir en estas tecnologías. Así, se fomenta un entorno favorable para la adopción de soluciones innovadoras, lo que permitirá a la industria avanzar y prosperar de manera sostenible y económicamente viable.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Use of Immunostimulants in Shrimp Farming - A Bioeconomic Perspective" escrito por Nolasco-Alzaga, H. R., Monreal-Escalante, E., Gullian-Klanian, M., de Anda-Montañez, J. A., Luna-González, A., Aranceta, F., Araneda-Padilla, M. E., & Angulo, C. Publicado originalmente en *Animals*, 2025. 15(2), 124.

<https://doi.org/10.3390/ani15020124>



**Sociedad Venezolana
de Acuicultura**

ALIADOS DE LA ACUICULTURA



GEO-POL DE VENEZUELA C.A.

R.I.F. J-00185976-4

En la SVA nos sentimos agradecidos de que marcas y personas en el medio puedan confiar en nuestra gestión como sociedad. Enaltecemos la labor de nuestro aliado corporativo **GEOPOL DE VENEZUELA C.A.**, una empresa líder en el mercado venezolano, especializada en la fabricación de geotextiles para el área de geotecnia, de gran valor para la acuicultura. Con una trayectoria de 40 años, ha demostrado un compromiso inquebrantable con la excelencia y la innovación en Geosintéticos

40 AÑOS EN EL MERCADO

GEOPOL DE VENEZUELA C.A.

Geosintéticos Innovadores para un Futuro Sostenible



ALIMENTACIÓN MODERNA: MUCHO MÁS QUE APORTAR NUTRIENTES, UN ENFOQUE EN LA SALUD INTESTINAL

João Manoel Cordeiro Alves
Aquabusiness Consulting
Correo: joaomanoel@aquabusiness.com.br



Cuando un nutricionista elabora un programa de nutrición para una especie, o crea un portafolio para una fábrica de alimentos, tiene ante sí un mundo de detalles que no puede olvidar. Es necesario pensar en el alimento en varios momentos, por ejemplo, mucho antes de que llegue al pez o al camarón, así como en el momento exacto en que se les ofrece a los animales, cuando está dentro del sistema digestivo y también cuando está siendo absorbido por el organismo. Además,

habrá que considerar cómo se excretará lo que no se utiliza, qué impacto tendrá esto en el medio ambiente y durante cuánto tiempo.

Al centrarse en la especie, el nutricionista debe pensar inmediatamente en las diferentes fases de la crianza y los requerimientos nutricionales de cada una, teniendo siempre en cuenta el sistema de producción y los desafíos que enfrentarán los animales durante el ciclo de producción.

Esto es cuando el formulador utiliza los recursos disponibles para ayudar a preservar el alimento durante el transporte, el almacenamiento y la administración a los animales. Es hora de pensar en los atrayentes y la palatabilidad: después de todo, cuanto más sabrosa sea la comida, más estimula el apetito del animal y mayor es su crecimiento. Es hora de considerar la digestibilidad, lo que reducirá las excreciones y los impactos ambientales. Recordando que es muy costoso utilizar alimento para fertilizar el agua.

Por lo tanto, es necesario tener una visión holística de la alimentación de los organismos acuáticos. En la cría de animales terrestres, los excrementos (heces y orina) se consideran fertilizantes y tienen valor comercial. En acuicultura se consideran un problema, impactan el medio ambiente y terminan lejos del sitio de crianza, viajando con el agua que sale del predio en forma de material suspendido y, en su mayor parte, disuelto en ella.

Para iniciar un negocio de acuicultura, el inversionista empieza por encontrar un lugar con agua de calidad, en cantidad suficiente para el proyecto, con temperatura adecuada para la especie que pretende criar, que tenga fácil acceso al mercado, acceso a alevines, alimento y otros insumos. Sin embargo, todo debe girar en torno a los efectos sobre el medio ambiente. Y esta no es una declaración de un activista ambiental, es una declaración de un gerente de una empresa de acuicultura con 40 años de experiencia. Después de todo, el bienestar animal es rentable.

Si el medio de cultivo es de condiciones óptimas, el rendimiento será estupendo. No podemos permitirnos trabajar a niveles subóptimos. Hay que cuidar el medio ambiente, que es el conjunto de factores que afectan al bienestar, desde las instalaciones, las condiciones del agua y los alimentos,

la alimentación, el manejo, la densidad de población, la uniformidad del tamaño de los animales, la ausencia de depredadores, la lista es enorme.

Según una publicación de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), "el ambiente se refiere a la relación bidireccional entorno-objeto y al conjunto de factores capaces de hacer un entorno más o menos agradable". En otras palabras, el ambiente animal está dado por la suma de condiciones e influencias del medio externo que, de alguna manera, afectarán la vida del animal que allí se encuentra, para bien o para mal. Esta suma incluye el propio espacio físico y todas las demás cosas y seres, incluidos los humanos, presentes en él.

El papel de los aditivos

A continuación, hablaremos de los aditivos utilizados en la nutrición moderna de peces y camarones que, en la práctica, hacen que el alimento sea mucho más que una fuente de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de estos organismos. Estos aditivos son capaces de generar una maraña de efectos que, si se organizan bien, pueden llevar la producción de peces y camarones a un nuevo nivel. Pero seamos claros: el hecho de que los alimentos puedan mejorar la salud no significa que debamos relajar nuestras preocupaciones en materia de higiene y saneamiento. Las raciones pueden aportar más de lo que aportan actualmente, pero aún así no pueden hacer milagros.

Actualmente, los alimentos pueden enriquecerse con diversos aditivos que juegan un papel importante para maximizar la eficiencia de la producción, preservar la calidad del alimento y minimizar los impactos ambientales. En este artículo hablaremos de las principales funciones de los aditivos que se pueden incorporar a los alimentos para acuicultura y sus respectivas funciones.

Los aditivos se pueden aplicar en fábricas o en granjas. Al añadirlo en fábrica, la incorporación es más homogénea y en los últimos años muchas marcas han empezado a utilizar una variedad de aditivos que han mejorado enormemente el rendimiento del alimento.

Algunos aditivos deben agregarse a la mezcla de alimento, mientras que otros pueden agregarse mediante una capa superior en la propia granja. Para ello, se cuenta con muy buenos equipos para realizar el trabajo apropiadamente, añadiendo el producto en la dosis recomendada por el técnico, sin tener que pedirle al proveedor que lo "fabrique especialmente", lo que muchas veces provoca una gran interrupción en el cronograma de producción en la fábrica, que no siempre es capaz de atender la necesidad en el momento necesario, especialmente si el problema a resolver requiere urgencia.

Estos productos a menudo se utilizan para un propósito específico, pero siempre tienen otros efectos. Por ejemplo, un producto que mejora la estabilidad del alimento puede tener un efecto sobre el impacto ambiental o, si mejora la tasa de conversión del alimento, puede afectar directamente al resultado financiero.

Salud intestinal

La salud intestinal juega un papel fundamental en el adecuado desarrollo, eficiencia alimentaria y resistencia a enfermedades de peces y camarones, y puede ser "mejorada" con el uso de aditivos alimentarios conocidos como potenciadores de la salud intestinal, cuyo principal objetivo es lograr que el ambiente intestinal sea saludable, para que haya una digestión eficiente, con una mejor absorción de nutrientes, aumentando así la protección contra patógenos.



La adición de productos, una vez listo el alimento, por lo general se realiza en las fábricas, pero esto se puede hacer de manera sencilla, en el lugar donde se consume el alimento, con una simple mezcladora de cemento (izquierda) o con equipos preparados para tal fin, como el de la foto de la derecha, fabricado por Trevisan. Lo importante es que la dosis indicada por el técnico o fabricante se aplique de forma precisa y segura, y esto es posible con ambos equipos. Cuanto más manual sea el proceso, mayores serán los riesgos, y los alimentos a los que se les hayan añadido productos deberán consumirse en un plazo máximo de 30 días después de su procesamiento.

Estos potenciadores actúan de diferentes maneras para asegurar el equilibrio intestinal. Uno de los principales beneficios está relacionado con el equilibrio de la microbiota intestinal, donde los aditivos ayudan a mantener una población saludable de bacterias beneficiosas en el tracto digestivo, al tiempo que controlan las bacterias potencialmente patógenas. Este equilibrio es crucial para evitar la disbiosis, condiciones en las que existe un desequilibrio microbiano que puede conducir a enfermedades y a una reducción de la capacidad de los animales para convertir los alimentos en energía.

Estos aditivos también son capaces de fortalecer la barrera intestinal, promoviendo la integridad de la mucosa intestinal. Esto aumenta la resistencia a los patógenos y evita que sustancias tóxicas entren en el organismo de los animales. Otro aspecto importante es que ciertos potenciadores también tienen la capacidad de estimular el sistema inmunológico, tanto innato como adaptativo en peces, como el de los camarones. Esta estimulación inmunológica hace que los animales estén más preparados para afrontar las infecciones.

Aún dentro de los beneficios que ofrece, muchos de estos aditivos tienen propiedades antiinflamatorias, que ayudan a reducir la inflamación intestinal. Esto se traduce en un mejor confort digestivo para los animales y una absorción más eficiente de los nutrientes, factores que se reflejan directamente en el rendimiento general.

Potenciadores de la salud intestinal

Existen varios tipos de potenciadores de la salud intestinal. Los **probióticos**, por ejemplo, son microorganismos vivos que, en cantidades adecuadas, ofrecen múltiples beneficios para la salud del hospedero. Compiten con los patógenos por espacio y nutrientes, producen sustancias

antimicrobianas y también ayudan a estimular el sistema inmunológico. Entre los ejemplos más comunes de probióticos se encuentran *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* y *Saccharomyces*.

Otro tipo son los **prebióticos**, ingredientes alimentarios que, aunque no son digeribles, pasan por el tracto digestivo sin sufrir daños y promueven el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino, trabajando en conjunto con los probióticos. Un ejemplo típico de prebiótico es el fructooligosacárido (FOS), que estimula la actividad de estas bacterias buenas. Cuando los prebióticos y los probióticos se combinan, forman simbióticos, que amplifican los beneficios de ambos.

Los **ácidos orgánicos** juegan un papel fundamental en la reducción del pH del tracto gastrointestinal, creando un ambiente hostil para los patógenos, al tiempo que favorecen la proliferación de bacterias beneficiosas. También pueden aumentar la digestibilidad de las proteínas presentes en la dieta de los animales.

Los **fitogénicos**, o **fitobióticos**, son compuestos naturales extraídos de plantas con propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias. También ayudan a la digestión y estimulan el apetito. Algunos ejemplos incluyen extractos de ajo, orégano y canela, que a menudo se utilizan por sus efectos beneficiosos.

Además, los **péptidos bioactivos**, que se derivan de la hidrólisis de proteínas, han demostrado propiedades inmunomoduladoras, antiinflamatorias y antioxidantes, contribuyendo a la salud intestinal. Estos compuestos pueden mejorar la absorción de nutrientes y se encuentran en péptidos derivados del pescado o la leche.

Otro componente relevante son los **betaglucanos**, que son polisacáridos naturales extraídos de cereales, hongos

Enzimas	Función	Aplicación
Proteasa	Degradar las proteínas en péptidos más pequeños y aminoácidos.	Mejorar la digestibilidad de las proteínas vegetales y animales en la dieta.
Amilasa	Descomponer el almidón en azúcares simples, como la glucosa.	Ayuda con la digestión de carbohidratos complejos presentes en ingredientes como el maíz y el trigo.
Fitasa	Degradar el fitato (forma de almacenamiento de fósforo en las plantas), liberando fósforo biodisponible.	Aumentar la disponibilidad de fósforo en dietas basadas en plantas, reduciendo la necesidad de suplementos minerales.
Celulosas y Hemicelulosas	Descomponer las fibras vegetales (celulosa y hemicelulosa) en azúcares simples.	Mejorar la digestión de ingredientes ricos en fibra, como la harina de soja y otros subproductos vegetales.
Lipasas	Hidrolizar lípidos en ácidos grasos y glicerol.	Facilitar la digestión de las grasas, especialmente en dietas ricas en aceite.

Enzimas más comúnmente utilizadas como aditivos alimentarios, sus funciones y aplicaciones.

y levaduras. Se sabe que estimulan el sistema inmunológico y fortalecen la barrera intestinal, siendo un ejemplo clásico los betaglucanos de levadura, como los de *Saccharomyces cerevisiae*.

La elección del mejorador intestinal más efectivo depende de varios factores, como la especie criada, la composición de la dieta, las condiciones ambientales y los desafíos específicos de cada sistema de cultivo, como la presencia de patógenos. No es raro que se combinen distintos tipos de potenciadores para optimizar sus efectos beneficiosos de forma sinérgica, dando como resultado animales más sanos y con mejor rendimiento.

Para Tatiana Poletto, Gerente de Marketing y Asuntos Regulatorios de Sparos Lda., fabricante de alimentos de inicio en Portugal, "la microbiota intestinal de los peces es más que un simple conjunto de microbios: es el motor oculto que impulsa la digestión de los alimentos, la absorción de nutrientes y la defensa contra las enfermedades". Para ella, una microbiota intestinal bien equilibrada es un cambio radical en la acuicultura, influyendo, en todo, desde las tasas de crecimiento hasta la salud general de los peces. Al priorizar la salud de la microbiota

intestinal, se optimiza todo el sistema biológico para mejorar el rendimiento y la resiliencia. No se trata solo de alimentar a los peces, se trata de fomentar un ecosistema interno próspero que garantice el éxito de la acuicultura.

Es como dijimos en una edición anterior, lo mucho que se sabe hoy en día sobre la importancia de los intestinos hace que se los esté llamando el "segundo cerebro". Los intestinos tienen memoria y toman decisiones autónomas, sin pasar por el cerebro, y todos lo hemos experimentado cuando probamos algo y en ese preciso momento sentimos que nos va a hacer daño, son los intestinos recordándonos y avisándonos de que ya hemos tenido una mala experiencia con lo que acabamos de ingerir.

Para asegurar que los nutrientes sean absorbidos eficientemente por los organismos acuáticos, minimizando la cantidad de excreciones y, en consecuencia, el impacto ambiental, el uso de aditivos específicos juega un papel fundamental.

La inclusión de **enzimas exógenas**, como proteasas y fitasas, es una práctica que ha mostrado resultados prometedores. Estas enzimas ayudan a mejorar la digestibilidad

de los ingredientes del alimento, permitiendo que los peces y camarones aprovechen mejor los nutrientes presentes en el alimento. Como resultado, además de promover la salud y el rendimiento animal, el uso de estas enzimas también reduce la carga de desechos orgánicos liberados al medio ambiente.

Aunque el uso de enzimas en la nutrición de organismos acuáticos está menos extendido en comparación con su uso en aves y cerdos, los beneficios son claros. Es preferible utilizar un conjunto de enzimas diferentes, ya que cada una tiene una actividad específica para diferentes nutrientes, aunque también puede tener algún efecto sobre otros componentes. Aun así, incluso utilizar una sola enzima es más ventajoso que no utilizar ninguna.

Además de las enzimas, los prebióticos y probióticos también juegan un papel importante en la nutrición de los organismos acuáticos. Contribuyen directamente a la salud intestinal de los animales, facilitando una mejor absorción de nutrientes y fortaleciendo el sistema inmunológico. Un intestino sano no solo optimiza el crecimiento de peces y camarones, sino que también reduce la incidencia de enfermedades, lo que reduce la necesidad de antibióticos y hace que la producción sea más sostenible.

Otros aditivos

Los **mejoradores de la palatabilidad** se encuentran entre los aditivos más importantes para hacer que el alimento sea más atractivo para los animales, fomentando un consumo rápido del alimento, lo cual es crucial para reducir la lixiviación de nutrientes en el agua. Cuando los alimentos permanecen sumergidos durante mucho tiempo sin ser consumidos, los nutrientes se dispersan en el agua, pierden parte de su valor nutricional y comienzan a contribuir a la contaminación acuática.

Ningún nutriente o aditivo cumple una sola función. Por ejemplo, los **nucleótidos** juegan

un papel fundamental en la nutrición y alimentación de peces y camarones, siendo considerados componentes esenciales en la promoción del crecimiento, rendimiento y salud de estos organismos acuáticos. Son los componentes básicos del ADN y el ARN y participan en varias funciones biológicas vitales.

Complementar a los peces y camarones con nucleótidos ofrece una serie de beneficios, entre ellos promover el crecimiento, fortalecer el sistema inmunológico y mejorar la salud intestinal. También se utilizan para producir cromosomas, por lo que influyen en todo. Sin ellos no hay multiplicación celular, y sin multiplicación celular no hay crecimiento, recuperación de lesiones, reproducción. Sin nuevas células no hay continuidad de vida. Por lo tanto, agregar nucleótidos a la dieta de peces y camarones es una estrategia para mejorar el crecimiento, la eficiencia alimentaria, la salud general y la resistencia a las enfermedades.

El tema de los aditivos que se pueden utilizar en los alimentos es amplio y no termina aquí. Es una nueva ventana que se nos ha abierto para explorar mucho más la nutrición y la alimentación. Los alimentos modernos juegan un papel que va más allá del simple aporte de nutrientes. Funcionan como vectores de aditivos que mejoran el desempeño productivo de los animales, preservan la calidad del alimento y minimizan los impactos ambientales. Invertir en alimentos bien formulados y enriquecidos con aditivos adecuados no es solamente una cuestión de optimizar la producción, sino también de promover una acuicultura más sostenible y económicamente viable

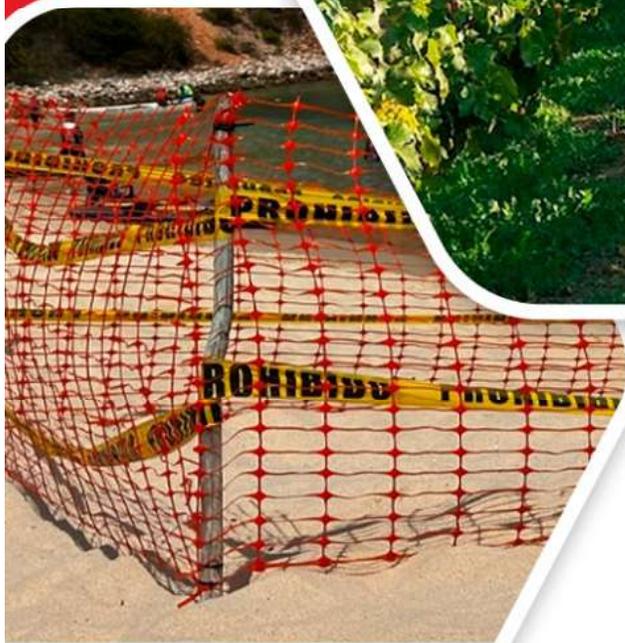
Puede acceder al artículo original en la revista ***Panorama da AQUICULTURA***, 2024, Vol. 32, edición 198, Pág.: 52-57 o a través del siguiente enlace:

<https://panoramadaaquicultura.com.br/racoes-modernas-muito-alem-de-entregar-nutrientes-um-foco-na-saude-intestinal/>



TRICAL

ESTA EN TODOS LADOS



 tricaldevenezuela

 www.trical.net/

INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE DE LA ACUICULTURA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA EFICIENTE DE NANOBURBUJAS

Cuerpo editorial de El Acuicultor



Los dispositivos que producen burbujas de una diezmilésima parte del tamaño de las producidas por los sistemas de aireación convencionales están siendo promovidos por sus desarrolladores por contar con una serie de ventajas, entre ellas, permitir mayores densidades de población, reducir enfermedades y mejorar las tasas de

conversión alimenticia. Si bien los estudios sobre el uso de estos dispositivos aún son muy pocos, la evidencia anecdótica de su valor es convincente.

Muchos productores acuícolas están tratando de intensificar de manera sostenible los sistemas de producción acuícola por

muchas razones, incluidas las limitaciones de las ubicaciones operativas finitas y costosas en tierra y agua, la mejora de la eficiencia, un mayor control ambiental, una bioseguridad más efectiva y un mejor rendimiento económico del sistema.

Existen límites físicos para hacer esto, impuestos por la capacidad de carga de cualquier sistema de producción acuícola y la calidad del agua en la unidad de producción, siendo el oxígeno disuelto (OD) un parámetro clave de la calidad del agua. Los niveles máximos de OD en el agua están limitados principalmente por la temperatura, la salinidad y la altitud, y el agua fría contiene más OD que el agua caliente. El oxígeno disuelto en los estanques de peces de agua cálida suele oscilar entre 2 y 12 mg/L de oxígeno, y el nivel de oxígeno diurno sigue un patrón que aumenta mientras la luz solar impulsa la fotosíntesis y disminuye por la noche hasta un punto crítico justo antes del amanecer. La mayoría de las especies acuáticas se sienten cómodas con niveles de OD de 5 a 12 mg/L, pero muchas especies sufren cuando el OD es inferior a 4 mg/L.

El nivel de oxígeno disuelto en el agua determina la biomasa o capacidad de carga que puede contener un sistema en un entorno saludable y de bajo estrés. Los organismos acuáticos, así como los productos de desecho de alimentos, utilizan el oxígeno del agua en la unidad de producción, lo que puede ser crítico si el volumen de biomasa y productos que utilizan OD es alto, a menos que el agua pueda intercambiarse o recircularse, o se opere un sistema heterótrofo donde las bacterias mantengan la calidad del agua con bajos niveles de amoníaco y nitrito.

Un bajo nivel de oxígeno disuelto puede causar estrés, mala alimentación y crecimiento, así como una mayor susceptibilidad a los patógenos de enfermedades. En situaciones extremas,

un bajo nivel de oxígeno disuelto puede provocar muertes e incluso la pérdida completa de un lote de producción.

Para intensificar la producción, es común que los acuicultores aireen el agua de recintos de producción utilizando aireadores de paletas, bombas tipo Venturi, sopladores, sistemas "air lift", etc. Los sistemas más intensivos utilizan la inyección directa de oxígeno. Las excepciones a esto son los sistemas de cultivo extensivos para peces, donde especies como la perca trepadora (*Anabas testudineus*), los cabezas de serpiente (*Channa spp.*) y bagres pueden tolerar niveles muy bajos de OD al respirar aire en la superficie del agua.

La mayoría de los sistemas de aireación mecánica agitan la superficie del agua para aumentar los niveles de oxígeno y, como resultado, los niveles de oxígeno disuelto son más altos cerca de la superficie del agua donde los animales pueden agruparse. Esta aglomeración por lo general ocurre en áreas donde los niveles de oxígeno son más altos, en las capas superiores de agua de las unidades de producción o cerca de los aireadores. Las especies bentónicas (como los camarones) y sésiles (como el abulón) tienen menos capacidad para hacer esto. La distribución eficiente del oxígeno disuelto en la unidad de producción es importante para evitar el estrés y el comportamiento de aglomeración. Reconociendo la importancia de lograr la saturación de oxígeno en todo momento y la distribución uniforme del oxígeno dentro de los sistemas de producción para reducir los efectos de aglomeración, las empresas comerciales han desarrollado y ahora están comercializando sistemas mejorados de suministro y aireación de oxígeno que permiten una intensificación del sistema de producción más segura, confiable y de menor riesgo.

Fundamentos de las nanoburbujas

Propiedades

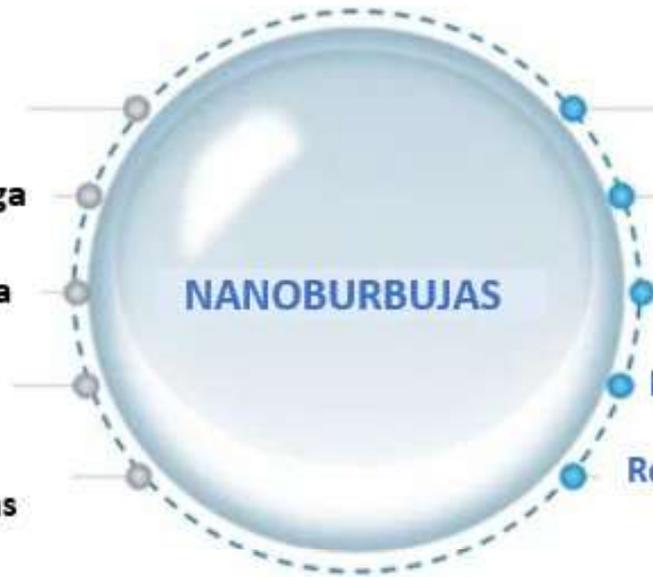
Hidrofóbicas

Superficie con carga

Alta presión interna

Superficie dura

Alta eficiencia de transferencia de gas



Comportamiento

Flotabilidad neutra

Estable y duradera

Oxidativas

Electrónicamente activas

Reduce tensión superficial

Propiedades y comportamientos clave de las nanoburbujas. © Moleaer.

TÉCNICA Y ENFOQUE UTILIZADOS

Los sistemas de aireación mecánica típicos utilizados en las unidades de producción acuícola producen burbujas de aire u oxígeno que suelen tener 0,3 cm de diámetro; debido a la flotabilidad positiva, suben rápidamente a la superficie del agua, donde estallan. Incluso cuando se utilizan microburbujas, que suelen tener 0,01 cm de diámetro, para proporcionar oxígeno al agua, las burbujas normalmente solo duran unos minutos, lo que significa que la transferencia de oxígeno del aire al agua de cultivo en los sistemas de producción acuícola es ineficiente. Algunos sistemas pueden usar inyección de oxígeno suplementario para aumentar la concentración de oxígeno que se suministra a través del sistema de aireación.

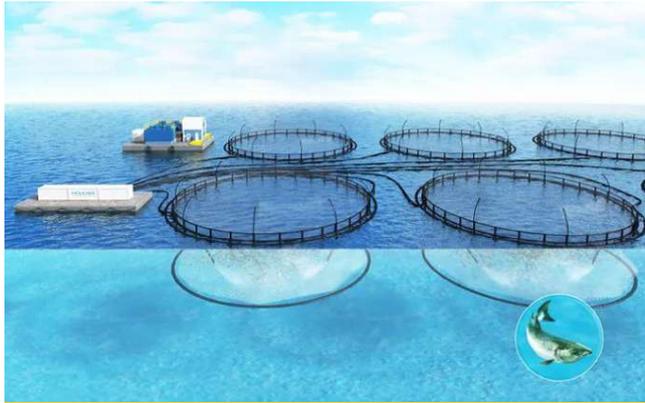
Para mejorar la eficiencia de la transferencia de oxígeno del aire o las burbujas de oxígeno, las empresas comerciales han desarrollado sistemas de producción con tecnología

de nanoburbujas. Los generadores de nanoburbujas pueden inyectar cualquier gas en cualquier líquido para crear nanoburbujas, pero para las operaciones de acuicultura normalmente se utiliza aire comprimido u oxígeno. Las burbujas de aire u oxígeno producidas tienen un diámetro medio de menos de 200 nanómetros (2×10^{-5} cm), lo que hace que las nanoburbujas tengan un tamaño de cinco centésimas y diezmilésimas del tamaño de las microburbujas y macroburbujas respectivamente.

Las nanoburbujas son tan pequeñas que tienen una flotabilidad neutra y no suben a la superficie del agua, sino que se mueven según las corrientes de movimiento browniano dentro del agua de la unidad de producción (el movimiento browniano es considerado el movimiento aleatorio de las partículas suspendidas en un medio). La característica de flotabilidad neutra de las nanoburbujas proporciona una distribución homogénea, con niveles de OD cerca de la superficie y en la parte inferior de la unidad de producción acuícola casi

iguales, lo que significa que los organismos de cultivo pueden distribuirse y alimentarse activamente a través de la columna de agua de la unidad de producción. Las nanoburbujas de aire y oxígeno puro pueden permanecer suspendidas en el agua durante 10 a 15 días respectivamente hasta que se disuelven y, por lo tanto, son un método más eficiente para aumentar el contenido de OD en el agua.

El colapso de las nanoburbujas da lugar a la producción de radicales libres químicamente reactivos (electrones desapareados), que oxidan los compuestos orgánicos y que pueden mejorar la calidad del agua en los sistemas cerrados de producción acuícola.



El tratamiento con nanoburbujas en las jaulas de salmón da como resultado una intensificación sostenible de la producción acuícola y una reducción de los índices de conversión alimenticia. © Moleaer.

ÁMBITO Y ESCALA DE APLICACIÓN

Los generadores de nanoburbujas son modulares y, por lo tanto, pueden ampliarse fácilmente, con una capacidad de bombeo que oscila entre 50 y 4000 L/minuto. El sistema es particularmente relevante para las especies de salmónidos, que tienen mayores requerimientos de OD y menor tolerancia

a un bajo OD que muchas especies de animales acuáticos tropicales cultivados. El enfoque está siendo utilizado con tecnología de recirculación en tierra por productores de salmón que trabajan con altas densidades de población para hacer que las operaciones sean económicamente viables. El sistema de nanoburbujas es, sin duda, más apropiado para sistemas de producción cerrados, pero también se puede utilizar eficazmente en sistemas de producción semicerrados como las jaulas de salmón.

A pesar de que la aireación con nanoburbujas no es tan eficiente en agua con altos sólidos en suspensión, los fabricantes informan que los generadores de nanoburbujas funcionan bien en sistemas de biofloc para especies como camarones y tilapias. Estas especies requieren una aireación vigorosa para prevenir que los flocos se asienten, evitando así las zonas muertas donde las condiciones anaeróbicas pueden generar amoníaco y metano, y permitir que se acumulen patógenos de enfermedades. Los fabricantes afirman que la cinética de biomasa mejorada mediante la aireación de nanoburbujas en sistemas de biofloc oxida eficazmente el amoníaco y reduce las cargas de patógenos bacterianos como *Vibrio* spp.

ACCESIBILIDAD

Un sistema de jaulas para salmónes requiere un número considerable de componentes de infraestructura. Estos incluyen una barcaza o pontón, un generador de energía, el generador de oxígeno (o tanques de oxígeno externos), bombas de servicio, tuberías (incluidas mangueras de oxígeno y agua), boquillas de inyectores y posiblemente un tanque de oxígeno líquido de respaldo.

Los fabricantes de generadores de nanoburbujas informan que el retorno de la inversión de un equipo de esta naturaleza



Generador de nanoburbujas. © Moleaer.

puede ser de tan solo 14 meses, previo estudio de la unidad de producción. Hoy en día las empresas que comercializan generadores de nanoburbujas están ofreciendo contratos de alquiler para convencer a los usuarios de su eficiencia y rentabilidad.

Sensores analógicos son utilizados para monitorizar el OD, controlar automáticamente la potencia utilizada por cada generador de nanoburbujas y optimizar la eficiencia del uso de la energía. La limpieza de las boquillas de nanoburbujas suele tardar 30 minutos, y algunas marcas tienen sistemas de autolimpieza. Los generadores de nanoburbujas de funcionamiento continuo requieren menos limpieza en comparación con los que se apagan y encienden.

Los generadores de nanoburbujas requieren un suministro eléctrico fiable y estable y un sistema de generación de reserva. En Asia, el respaldo técnico y las piezas de repuesto pueden requerir que se traigan materiales y expertos del extranjero, aunque los fabricantes informan que los costos de operación y mantenimiento de los

generadores de nanoburbujas son bajos y menos propensos a problemas técnicos.

Los generadores de nanoburbujas son menos eficientes y efectivos para aumentar los niveles de OD en agua con mayores cargas de sólidos suspendidos y, por lo tanto, son menos eficientes si se usan en estanques con alta turbidez e incluso en aguas costeras con escorrentía de ríos. Sin embargo, siguen siendo considerados una mejora significativa con respecto a los sistemas de aireación actuales en el mismo entorno. También hay consideraciones de salud, seguridad y gastos adicionales cuando se utilizan grandes cantidades de oxígeno de alta pureza en jaulas flotantes ancladas en el mar.

Se debe tener cuidado al querer adquirir estos equipos, ya que muchas empresas que venden generadores de nanoburbujas, que por definición son más pequeños que 200 nanómetros, en realidad están vendiendo equipos que producen microburbujas, que no tienen las mismas propiedades de aireación que las nanoburbujas.



RESULTADOS Y BENEFICIOS

Los fabricantes de generadores de nanoburbujas afirman que la aireación de nanoburbujas proporciona una distribución homogénea del oxígeno dentro de las unidades de producción acuícola, lo que proporciona una mejor utilización del espacio desde el fondo hasta la superficie de la unidad productiva, tanques, jaulas, estanques, etc., y permite aumentar la capacidad de carga de estas unidades de producción sin causar estrés adicional a los organismos de cultivo.

La mezcla homogénea de nanoburbujas en toda la columna de agua, con las nanoburbujas permaneciendo en solución durante días y semanas, garantiza de manera eficiente que los niveles de OD sean

óptimos para la especie y el tamaño de la población que se cultiva en las unidades de producción acuícola. También reduce el estrés de las poblaciones de cultivo, permite la intensificación sostenible de la producción y mayores densidades de población, y da como resultado una mejor alimentación con menores índices de conversión alimenticia. Además, se mitiga la probabilidad de brotes de enfermedades patógenas. Todo esto se traduce en una mayor productividad y una mejor rentabilidad de las unidades de producción.

Estudios realizados con camarón blanco han comparado la aireación por difusión y la aireación con nanoburbujas en sistemas productivos. El estudio en cuestión se llevó a cabo por espacio de 81 días en sistemas raceways de 50 m² con una población de 680 camarones/m³. La aireación con

nanoburbujas dio niveles significativamente más altos de OD, un mejor crecimiento de los camarones, biomasa de cosecha de 436 kg y una productividad de 8.7 kg/m³ que el sistema por difusión, donde los resultados fueron de 222 kg, 4.4 kg/m³ y una mayor tasa de conversión alimenticia.

Las empresas que producen sistemas de aireación con nanoburbujas afirman que los sistemas de nanoburbujas transfieren oxígeno con una eficiencia superior al 90 por ciento, que es 30 veces mayor que los sistemas de aireación convencionales.

Las nanoburbujas podrían ser una tecnología viable para eliminar las biopelículas microbianas de las superficies y mejorar la eficacia de los desinfectantes convencionales. Los fabricantes también afirman que las nanoburbujas pueden utilizarse para tratar los piojos de mar de forma rentable y sostenible, aunque, de nuevo, esta afirmación requiere una verificación independiente.

Si bien hay algunos artículos que se han publicado para verificar las afirmaciones hechas por los fabricantes de generadores de nanoburbujas, las empresas comerciales de cultivo de salmón en Australia están probando actualmente la tecnología para determinar si el uso constante de estos equipos es la mejor y más económica opción versus el uso de emergencia. Hasta ahora no se conocen los resultados, pero esperamos que pronto haya más noticias positivas.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Sustainable intensification of aquaculture using efficient nanobubble technology" escrito por Griffiths, D., Funge-Smith, S., Yan, G., y van Beijnen, J. Publicado originalmente por FAO 2022. Bangkok.

Puede consultarse en:

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0f25c75f-eb17-44d9-8478-1a50dcdb45f8/content>



Controle el estrés y las enfermedades para ayudar a los camarones a prosperar.

Motiv es una novedosa proteína bioactiva, que crea un mejor ambiente en el intestino del camarón, reduce el estrés, promueve la resistencia a las enfermedades y la supervivencia. Al aumentar la absorción de energía de toda la dieta, Motiv también promueve el crecimiento, la salud y el color vibrante. Un mejor intestino conduce a mayores ganancias y rentables cosechas.

Claudio Paradas
Aquaculture Global Sales Director
claudiop@argill.com
+1-402-237-3704

MOTIV
a Cargill product

motivshrimp.com

TRANSFORMANDO EL FUTURO DE LA ACUICULTURA MARINA: UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR

Cuerpo editorial de El Acuicultor



Instalación de cultivo de microalgas en la costa de Kona, Hawái. © Cyanotech Corporation.

Introducción

Para el año 2050, se espera que la población mundial alcance aproximadamente los 10 mil millones de personas, lo que requerirá un aumento del 56 % en la producción de alimentos para satisfacer las demandas

nutricionales de esta población en crecimiento (**Figura 1**). Sin embargo, la producción alimentaria actual ya es insostenible e insuficiente, ya que la agricultura terrestre, aunque fundamental para el sistema de producción de alimentos, tiene efectos negativos en el uso de la tierra,

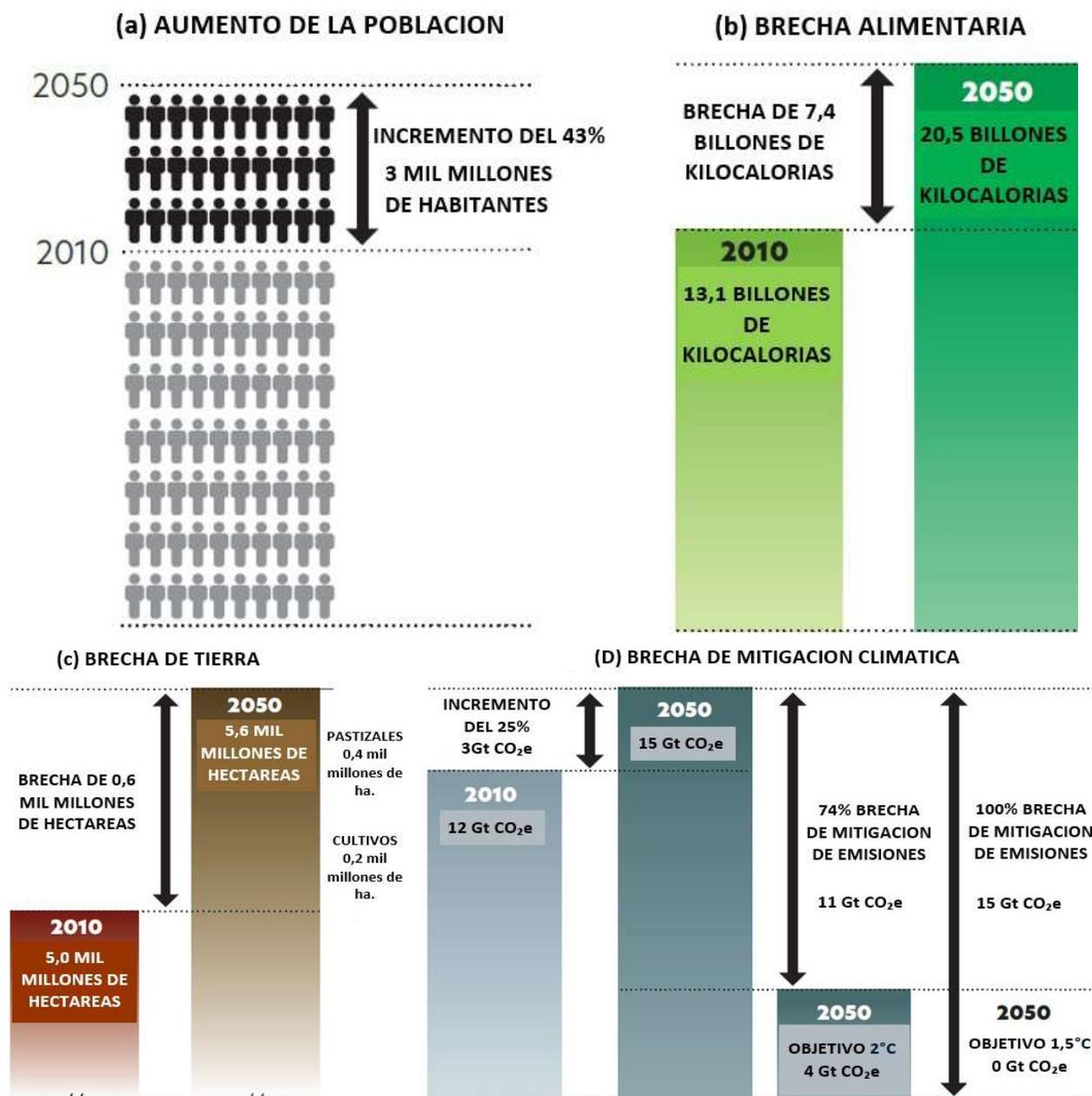


Figura 1. Proyecciones sobre el aumento de la población mundial y las respectivas brechas en la producción de alimentos, el uso de la tierra y la mitigación del clima entre 2010 y 2050, según el informe del World Resources Institute, 2019. a) Se espera un incremento de 3,000 millones de habitantes, equivalente al 43 % de aumento poblacional. b) El déficit alimentario agrícola proyectado, bajo un escenario sin cambios, ascendería a 7.4 billones de kilocalorías, lo que representa un aumento del 56 %. c) En términos de tierras, se prevé un déficit de 0.4 mil millones de hectáreas de pastizales y 0.2 mil millones de hectáreas de tierras de cultivo, totalizando un aumento del 12 % en la superficie necesaria para la producción agrícola. d) Las emisiones de gases de efecto invernadero podrían aumentar en 3 giga toneladas de CO₂, un incremento del 25 %, si no se implementan cambios, lo que plantea un desafío para cumplir con los objetivos de limitación del calentamiento global de 1,5 a 2 °C.

las emisiones de carbono, los recursos hídricos y la biodiversidad. En cuanto a las fuentes de nutrición del océano, muchas pesquerías están sobreexplotadas y la acuicultura marina no está suficientemente desarrollada para cerrar la brecha entre oferta y demanda. Además, tanto la agricultura como la pesca plantean problemas ambientales y de justicia social.

Actualmente, se estima que una cuarta parte de la población mundial sufre de desnutrición, dos mil millones de personas con dietas deficientes en micronutrientes y más de 800 millones que no obtienen suficientes calorías para sus necesidades diarias. Para asegurar un suministro adecuado de alimentos en la segunda mitad del siglo XXI, es necesario intensificar la producción de alimentos de manera sostenible y reducir sus impactos ambientales.

Ante las limitaciones para aumentar la producción agrícola, se están considerando alternativas alimentarias, como la acuicultura, que ha recibido atención debido a que la pesca de captura silvestre no podrá satisfacer la creciente demanda. Sin embargo, la expansión de la acuicultura marina tiene límites, y algunos expertos sugieren que su potencial es más limitado de lo que se piensa. Algunos argumentan que el futuro de la acuicultura radica más en los peces de agua dulce y que las expectativas sobre la acuicultura marina deben ser ajustadas. Sin embargo, la acuicultura de algas marinas ha crecido rápidamente e investigaciones recientes sugieren que ésta, basada en algas marinas, podría satisfacer una gran parte de las futuras demandas nutricionales de la humanidad mientras reduce los impactos ambientales negativos del sistema actual de producción de alimentos.

Un enfoque de economía circular

La Bioeconomía Circular Marina (BCM) puede intensificar la producción de alimentos de manera sostenible, utilizando un enfoque de economía circular, que se centra en reducir la extracción de nuevos recursos y mejorar el procesamiento y reciclaje de estos al final de su uso. A diferencia del modelo lineal tradicional de "tomar-fabricar-desechar", la economía circular es regenerativa y busca desvincular el crecimiento económico de la extracción de recursos finitos.

Aplicado a la acuicultura marina, este enfoque permite el seguimiento y cuantificación de insumos y flujos energéticos, además de facilitar el reciclaje y la reutilización de materiales. Promueve la identificación de oportunidades para disminuir el consumo de nuevos recursos y optimizar la producción mediante procesos más eficientes, mejorando la coproducción de alimentos y energía, así como la captura, almacenamiento y uso del dióxido de carbono.

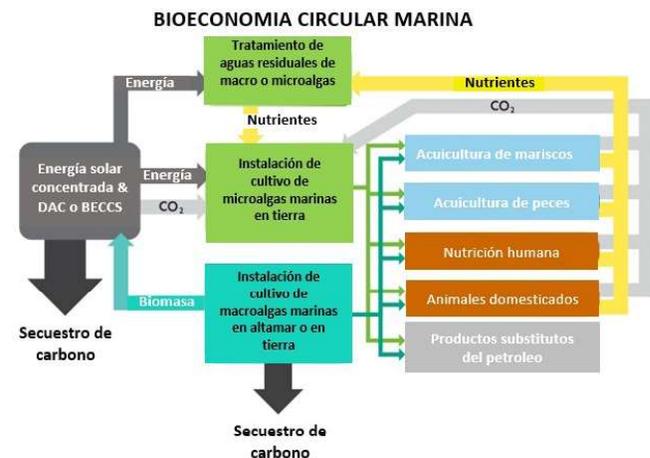


Figura 2. El concepto de Bioeconomía Circular Marina aplicado a la acuicultura marina. DAC = captura directa de aire. BECCS = bioenergía con captura y almacenamiento de carbono.

Un reto del siglo XXI: ampliar la extensión espacial y la utilización del carbono azul

El océano contribuye aproximadamente a la mitad de la producción primaria mundial, alcanzando cerca de 50 Gt de carbono al año. Sin embargo, solo una pequeña parte de este "carbono azul" se integra en el sistema de producción de alimentos humanos, ya que la mayor parte proviene de algas planctónicas en el océano abierto, donde la productividad es baja y las cadenas alimentarias son largas.

En contraste, los ecosistemas oceánicos costeros, especialmente en áreas de surgencia, tienen una productividad mucho más alta por unidad de área y cadenas alimentarias más cortas, lo que explica por qué estos ecosistemas son responsables de la mayoría de la pesca de captura silvestre. Además, albergan hábitats como lechos de macroalgas, bosques de algas marinas y ecosistemas de carbono azul, que, a pesar de su alta productividad y capacidad de almacenamiento de carbono, ocupan menos del 1 % de la superficie terrestre. Aunque son muy productivos en sus entornos costeros, su aporte a la producción primaria total del océano y al secuestro de carbono es relativamente pequeño.

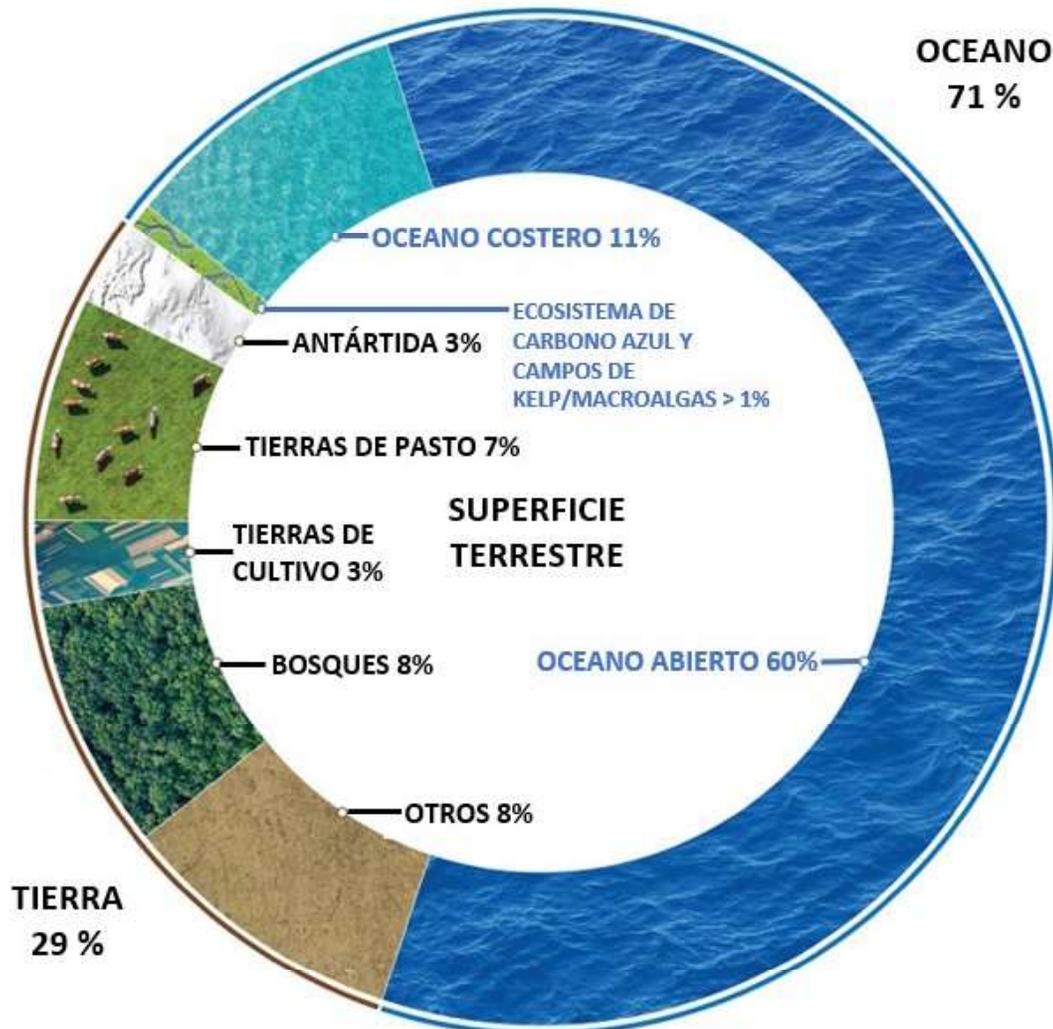


Figura 3. Composición de la superficie terrestre.

Uno de los principales retos para la acuicultura basada en algas marinas en las próximas décadas es incrementar la cantidad de carbono azul que se integra en el sistema de producción de alimentos humanos. Actualmente, la acuicultura marina se limita principalmente al océano costero, que representa solo el 11 % de la superficie terrestre, lo que restringe su contribución a la nutrición humana, además de estar afectada por otras actividades humanas que limitan el espacio disponible.

Para superar este desafío, se propone expandir la acuicultura de algas marinas, tanto en tierra como en alta mar. A pesar de su potencial, el desarrollo de instalaciones en aguas más profundas todavía es poco maduro y enfrenta el reto de necesitar tecnologías que soporten las fuerzas hidrodinámicas del entorno oceánico sin generar costos prohibitivos. Sin embargo, se requiere un esfuerzo continuo en investigación y desarrollo, incluyendo la evaluación de los posibles impactos ambientales, para hacer viable y escalable la acuicultura oceánica en alta mar a nivel mundial.

Ventajas nutricionales y de sostenibilidad de la acuicultura basada en microalgas marinas

La acuicultura de microalgas en instalaciones terrestres tiene una historia de desarrollo de 50 años y ha evolucionado desde su enfoque original en biocombustibles y nutracéuticos hacia la producción de alimentos para animales y para el consumo humano. Las microalgas marinas, un grupo diverso compuesto por miles de especies, representan una fuente sin explotar de proteínas de alta calidad, muchas de las cuales contienen más del 40 % de proteína en

masa seca. Además, ofrecen un perfil superior de aminoácidos esenciales, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos omega-3 en comparación con las plantas terrestres.

Desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental, las microalgas tienen tasas de producción primaria significativamente más altas que los cultivos terrestres, lo que significa que pueden generar una cantidad comparable de alimentos en menos de una décima parte de la superficie de tierra. Su cultivo no requiere suelo ni riego, eliminando la competencia por recursos cultivables y agua dulce. Además, son eficientes en el uso de nutrientes, minimizando los problemas de escorrentía de fertilizantes y eutrofización en ecosistemas acuáticos. Estas ventajas subrayan el gran potencial de las microalgas en la producción de alimentos sostenibles.

Además de sus ventajas directas, el cultivo de microalgas marinas puede ofrecer beneficios indirectos significativos en términos de sostenibilidad ambiental. Al disminuir la demanda agrícola de tierras cultivables, la acuicultura de microalgas tiene el potencial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad. En los últimos 50 años, se ha talado aproximadamente una quinta parte de la selva amazónica, principalmente para pastizales de ganado y cultivos de soja, lo que ha transformado a la Amazonía de un sumidero de carbono a una fuente neta de carbono.

Esta intensa deforestación ha suscitado preocupaciones sobre la posibilidad de que nuevas interacciones entre la deforestación y el cambio climático puedan hacer que la selva amazónica cruce un punto de inflexión, poniendo en peligro su almacenamiento de más de 120 Gt de carbono y su rica biodiversidad.

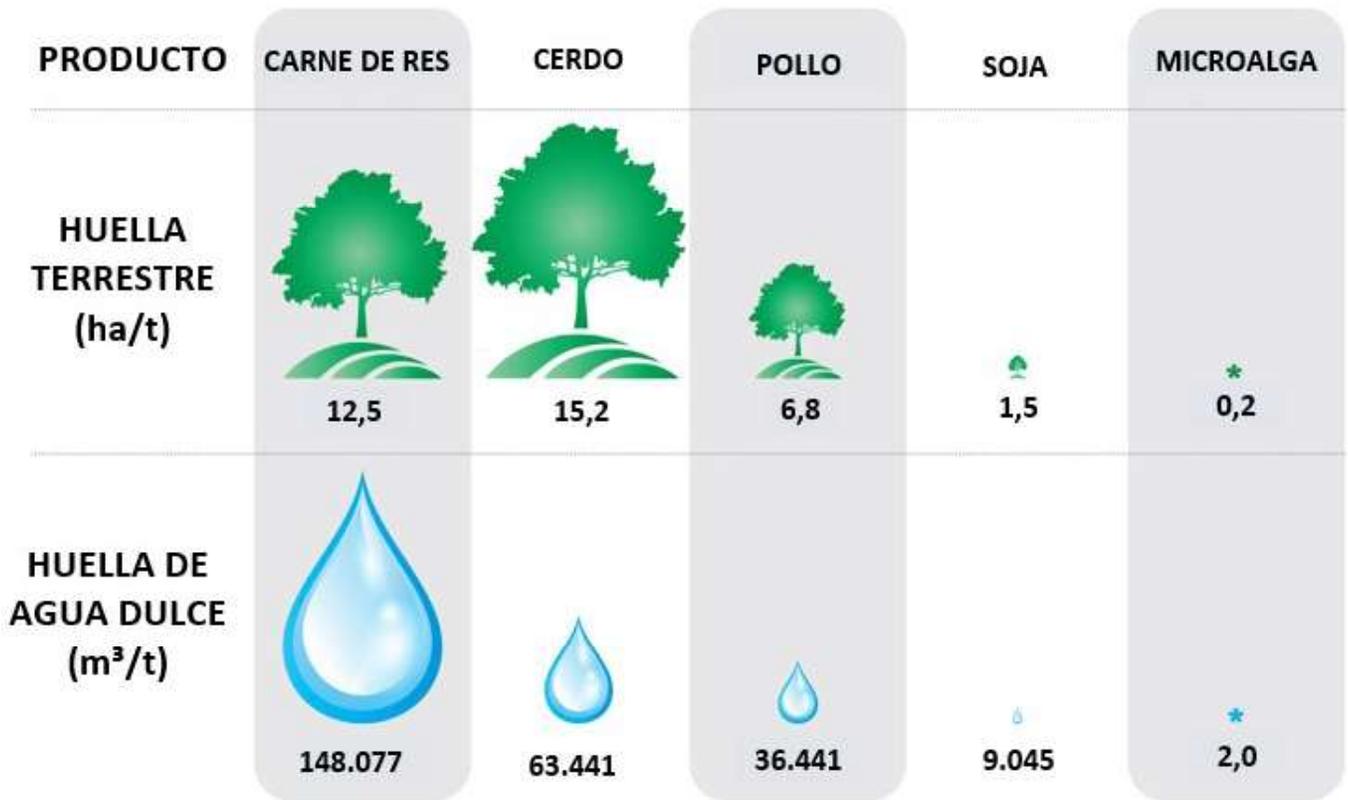


Figura 4. Huella terrestre y de agua dulce para la producción de aminoácidos esenciales a partir de diversas fuentes nutricionales. La huella terrestre se reporta en hectáreas por tonelada métrica de producto. La huella de agua dulce se expresa en metros cúbicos de agua por tonelada métrica de producto.

Desafíos de sostenibilidad para la acuicultura basada en microalgas marinas

Si bien las posibles ventajas de sostenibilidad ambiental de la acuicultura basada en microalgas marinas son grandes, los desafíos de ampliarla a nivel mundial también son significativos. A pesar de que en los trópicos y sub trópicos hay grandes extensiones de tierra apta con topografía e insolación adecuadas, las instalaciones de cultivo deben estar lo suficientemente cerca de las fuentes de agua de mar o salobre para evitar costos excesivos de transporte (**Figura 5**).

Uno de los desafíos más significativos para el cultivo de microalgas es la necesidad de dióxido de carbono, ya que estas microalgas absorben CO₂ a un ritmo más rápido de lo que puede difundirse a través de la interfaz aire-agua en estanques de cultivo abiertos. Esto requiere la adición de CO₂, y es crucial mantener bajos los costos tanto energéticos como financieros de su suministro. La producción in situ de dióxido de carbono a partir de fuentes no fósiles es ideal, y se ha propuesto integrar el cultivo de microalgas con tecnologías como la captura directa de aire (DAC) y la bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS). Aunque los métodos actuales de DAC son costosos, la combinación con energía solar concentrada u otras energías renovables podría ofrecer una solución rentable.

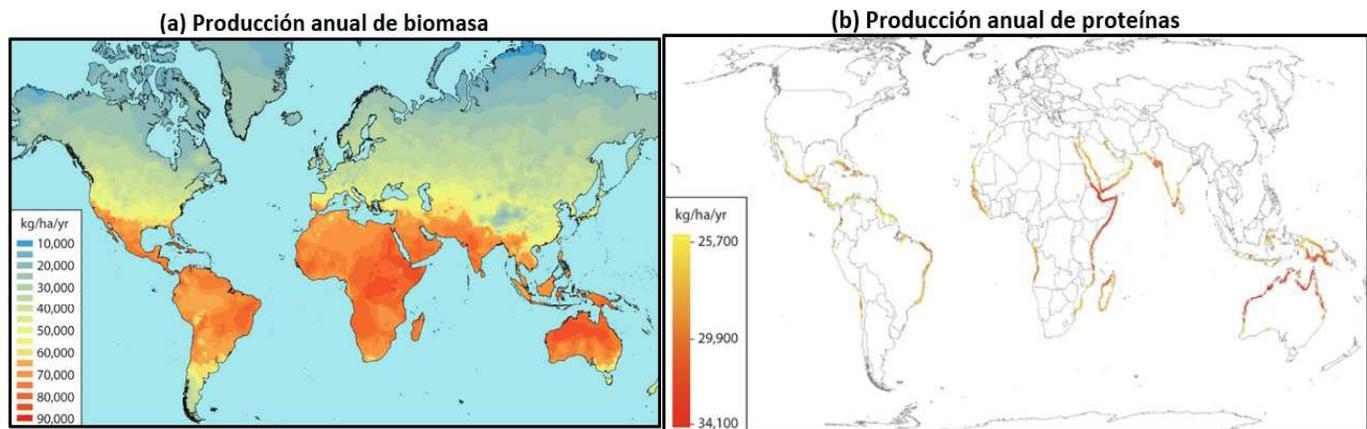


Figura 5. a) Mapa mundial de la producción potencial de biomasa de microalgas marinas en tierra. b) Mapa mundial de la posible producción de proteínas de microalgas marinas en tierra.

Otro desafío importante es el suministro de nutrientes, especialmente el fósforo, para el cultivo de microalgas a gran escala. La comunidad científica ha debatido el momento en que la agricultura mundial podría enfrentar limitaciones debido al “pico de fósforo”. La estequiometría de nutrientes para las microalgas complica este desafío, aunque su alta eficiencia en el uso de nutrientes y el potencial para reciclar nutrientes a través del tratamiento de aguas residuales basadas en algas hacen que el reto sea más manejable. La recuperación y reutilización del fósforo de los residuos es una cuestión que el enfoque de economía circular está bien preparado para abordar.

Algo para reflexionar

Un análisis global indica que las zonas costeras adecuadas para la acuicultura de microalgas marinas pueden satisfacer más del 100 % de la demanda mundial de proteínas para 2050, revelando un gran potencial en el Sur Global. Aunque Eurasia y América del Norte han sido consideradas grandes productoras de alimentos, la acuicultura de microalgas ofrece la oportunidad de diversificar la producción alimentaria entre los hemisferios socioeconómicos.

Sin embargo, las consideraciones geofísicas por sí solas no garantizan la expansión de este sector en el Sur Global; también son necesarias las consideraciones financieras. Los bajos costos de tierra y mano de obra en esta región favorecen su desarrollo. Además, el Fondo Verde para el Clima, creado para ayudar a los países en desarrollo a adaptarse y mitigar el cambio climático, puede ser un incentivo clave. A pesar de las dificultades en su implementación, la acuicultura de microalgas podría ofrecer oportunidades de inversión que beneficien tanto a países ricos como en desarrollo al mejorar la seguridad alimentaria e hídrica mundial mientras se mitiga el cambio climático.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de “El Acuicultor”, del artículo original “Transforming the future of marine aquaculture: A circular economy approach” escrito por Greene, C.H., Scott-Buechler, C. M., Hausner, A. L. P., Johnson, Z. I., Lei, X. G. y Huntley, M. E. 2022. *Oceanography* 35(2):26–34,

<https://doi.org/10.5670/oceanog.2022.213>

ORIGEN DE LOS RESIDUOS, IMPACTO DE LOS ALIMENTOS Y EL FITOPLANCTON EN LA CALIDAD Y EN EL SISTEMA QUÍMICO DE AMORTIGUACIÓN DEL AGUA

Fernando Kubitzka, Ph.D.
Acqua Imagem Serviços em Aquicultura



El alimento aporta materia orgánica y nutrientes, favoreciendo el desarrollo de microalgas (fitoplancton). Hasta cierto punto, la presencia de microalgas es deseable en los cultivos de peces y camarones en viveros y estanques. Sin embargo, en exceso, las microalgas causan variaciones extremas en el oxígeno, el pH y la concentración de dióxido

de carbono en el agua. Los déficits de oxígeno y las altas concentraciones de dióxido de carbono son comunes durante la noche y las primeras horas de la mañana, debido a la intensa respiración de las microalgas. A lo largo del día, la fotosíntesis restaura el oxígeno, pero eleva considerablemente el pH del agua. Un pH demasiado alto causa

molestias a los animales y aumenta el riesgo de toxicidad por amoníaco. El agua tiene un sistema tampón químico (STQ), que está regulado por iones de bicarbonato y carbonato (alcalinidad) e iones de calcio y magnesio (dureza). La función principal del STQ es asimilar el exceso de dióxido de carbono y minimizar las variaciones de pH a lo largo del día. Este artículo discute la importancia de utilizar alimentos de alta calidad (alta digestibilidad), el impacto del fitoplancton en la calidad del agua y el funcionamiento del STQ.

Carga contaminante del alimento

La calidad de los alimentos, dictada especialmente por su digestibilidad y equilibrio de nutrientes, tiene un gran impacto en el suministro de material orgánico y nutrientes en los viveros y estanques. Cuando decimos que se obtuvo una conversión alimenticia (CA) de 1,5 en un cultivo, esto significa que se aplicaron 1.500 kilogramos de alimento por cada 1.000 kilogramos de ganancia de biomasa en peces o camarones. Dicho así, parece

que para producir 1.000 kilos de pescado deajo un excedente de 500 kilos de alimento en el agua (la diferencia entre 1.500 kilos de alimento aportado y 1.000 kilos de biomasa cosechada). Sin embargo, debemos recordar que los alimentos son secos (90% de materia seca - MS), mientras que los peces y camarones tienen una gran cantidad de agua en su cuerpo (72 a 75%) y, por lo tanto, solo 25 a 28% de MS en su composición. Esto lo podemos apreciar en la **Figura 1**. Por lo tanto, la carga contaminante (la diferencia entre la MS proporcionada a través del alimento y la MS recolectada de los peces) de un alimento que proporciona un CA de 1,5 es cercana a 1.070 g de MS por cada kilogramo de pescado producido. Entre el 20 y el 40 % de la MS de un alimento se pierde en forma de heces. El resto se absorbe en el intestino en forma de glucosa, ácidos grasos y aminoácidos. Parte de los nutrientes absorbidos generan energía para la locomoción/natación, la respiración (bombeo de agua a través de las branquias), los latidos del corazón, la osmorregulación (del 10 al 30 % de la energía en el alimento), la digestión, la inmunidad y varios otros procesos metabólicos y fisiológicos esenciales, lo que resulta en la generación



Figura 1. Ilustración de la ingesta media de materia seca por kilogramo de alimento aplicado. Esta ingesta puede ser mayor o menor, dependiendo de la calidad/digestibilidad del alimento.

de dióxido de carbono y amoníaco, que son excretados principalmente por las branquias. Otra fracción de los nutrientes se utiliza en la síntesis de células sanguíneas, proteínas para funciones fisiológicas (transporte de oxígeno y minerales en la sangre, síntesis de colágeno, coagulación de la sangre y curación de tejidos), y en la síntesis de moco que cubre las branquias, el cuerpo y el epitelio intestinal. Una vez satisfechas estas necesidades vitales, los nutrientes restantes se utilizan en la síntesis de músculo, grasa y esqueleto, lo que resulta en el crecimiento y aumento de peso de los animales.

La **Tabla 1** muestra la influencia de la calidad del alimento en la carga contaminante que queda en el entorno de cultivo. La calidad de las raciones se puede medir por la ganancia

de peso y la conversión alimenticia de los animales. El alimento A, de mayor calidad/digestibilidad, deja una carga contaminante de 810 kg por tonelada de ganancia de biomasa (cálculo similar al ilustrado en la **Figura 1**). Por otro lado, el alimento D, de peor calidad, deja 3,8 veces más carga contaminante en el agua en comparación con el alimento A. Por lo tanto, cuanto peor sea la calidad de un alimento, más rápido será el deterioro de la calidad del agua. Cuanto mayor sea la carga contaminante, menor será la capacidad de producción de un vivero o estanque. Esta base debe estar clara en la mente del piscicultor. No elija un alimento por el precio más bajo, sino por su calidad, medida tanto por el impacto que puede causar en el entorno de cultivo como por su resultado económico.

Desempeño de cachama alimentada con diferentes raciones

Ingredientes	Ración A 36% PB	Ración B 25% PB	Ración C 25% PB	Ración D 28% PB
Harina de pescado	20	15	10	
Harina de sangre	20	5	10	20
Maíz molido	10	10	10	10
Salvado de arroz	25	30	30	30
Salvado de trigo	24	39	39	39
Premezcla	1	1	1	1
Precio de ración	3,4	2,5	2,3	2,6
GDP relativo	225	165	155	100
Con. alimenticia	1,2	2,0	2,5	3,7
Costo de la ración R\$/kg de pescado	4,08	5,0	5,75	9,62

Tabla 1. Ganancia de peso y conversión alimenticia de la cachama alimentada con diferentes dietas y estimación de la carga contaminante de las dietas (en kilogramos de materia seca – MS dejada en los estanques por cada 1.000 kg de peces producidos).

El metabolismo del fitoplancton y su impacto en la calidad del agua

El fitoplancton está formado por algas microscópicas (microalgas), que generalmente dan un color verdoso al agua de los viveros y estanques. Las algas verdes (clorofitas), las algas verdes azuladas (algas cianofíceas o cianobacterias) y las algas diatomeas son ejemplos de microalgas. En cultivos intensivos en aguas de baja salinidad, hay un predominio de algas cianofíceas sobre otras microalgas.

El crecimiento de la biomasa de microalgas depende básicamente de la fotosíntesis que realizan (**Figura 2**). Para que se produzca la fotosíntesis, es necesario tener clorofila, un pigmento verde presente en los vegetales. Las algas necesitan radiación solar, dióxido de carbono o bicarbonato y agua. Además,

demandan nutrientes inorgánicos, como el nitrógeno y el fósforo, entre otros minerales, habitualmente presentes en el suelo o proporcionados a través de fertilizantes o alimentos en viveros y presas. La fotosíntesis de las microalgas da lugar a la producción de glucosa. A partir de la glucosa, las algas sintetizan almidón (polímero de glucosa y principal reserva energética de las plantas) y otros azúcares. Con ello, generan energía y sintetizan otros compuestos importantes para su crecimiento, como proteínas, lípidos, vitaminas, carotenoides, alginatos, entre otros. La liberación de la energía contenida en los compuestos orgánicos se procesa durante la respiración del fitoplancton. Por lo tanto, el fitoplancton y las plantas acuáticas (macrófitos acuáticos) son los organismos productores (organismos autótrofos), que generan la energía y los nutrientes que sirven de base a la cadena alimentaria en los ecosistemas acuáticos, ya sean lagos naturales o viveros y estanques para la piscicultura y el camarón.

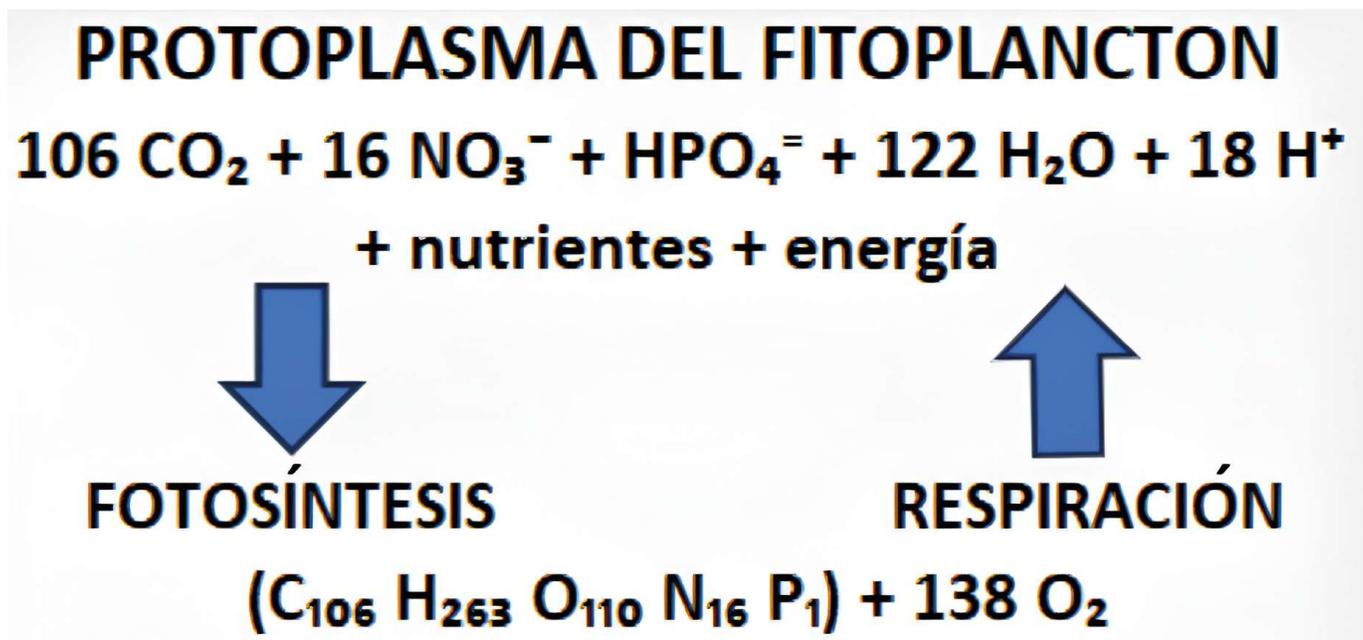


Figura 2. Ilustración de las ecuaciones de fotosíntesis y respiración.

La fotosíntesis de las microalgas proporciona entre el 50 y el 95 % de todo el oxígeno disponible en viveros y estanques. Por lo tanto, la fotosíntesis es la principal fuente de oxígeno para peces, camarones y otros organismos presentes en el medio acuático, incluidas las bacterias que descomponen y reciclan los desechos orgánicos y convierten el amoníaco en nitrito y nitrato. Sin embargo, la respiración de las microalgas y otros organismos planctónicos consume entre el 50 y el 80 % del oxígeno disponible en el agua de los estanques y presas (**Tabla 2**).

En la camaronicultura marina, la respiración en la columna de agua (microalgas, zooplancton y microorganismos adheridos a sólidos en suspensión) representa entre el 45 y el 70 % de todo el consumo de oxígeno en los estanques. Otro 15 a 45 % es consumido por bacterias, hongos, oligoquetos y poliquetos, entre otros organismos en el suelo de los estanques, que consumen, descomponen y oxidan los desechos orgánicos. Así, la respiración de todos estos

organismos puede representar entre el 80 y el 90 % del consumo total de oxígeno en las granjas, superando con creces el consumo de oxígeno de los camarones.

En los estanques de producción intensiva de tilapia, donde suelen predominar las algas cianofíceas (cianobacterias), el consumo promedio de oxígeno por parte de las microalgas es cercano a los 10 kg O₂/ha/hora (**Figura 3**). Considerando el uso de aireadores con SOTR de 1 kg de O₂/CV/hora, para compensar solo el consumo de microalgas, es necesario tener una potencia de aireación de 10 CV/ha. Considerando un consumo de oxígeno de 0,1 kg/hora por tonelada de tilapia (peces por encima de 300 g a 28 °C), el consumo de microalgas es equivalente al consumo de una biomasa de tilapia equivalente a 100 toneladas. Por lo tanto, hasta alcanzar una biomasa de tilapia de 100 toneladas por hectárea, el consumo de oxígeno de las microalgas es generalmente mayor que el consumo de pescado.

Proceso de entrada de oxígeno	(mg O₂/L)
Fotosíntesis (fitoplancton)	5 a 20
Difusión, de la atmósfera hacia el agua	1 a 5
Procesos de salida de oxígeno	(mg O₂/L)
Respiración del plancton	5 a 15
Respiración de los peces	2 a 6
Respiración de los microorganismos en el sedimento	1 a 3
Difusión, del agua hacia la atmósfera	1 a 5

Tabla 2. Procesos relacionados con la entrada y salida de oxígeno en el agua de los estanques de piscicultura (Boyd y Lichtkoppler, 1985).

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



* 1 tonelada de tilapia 1 kg =
0,1 kg O₂/h



Fitoplancton (Disco de Secchi 18 cm)
= 1 g O₂/m³/ha = 1 kg O₂/ha/h

Biomasa			Consumo O ₂ (kg/h/ha)		Potencia de aireación (CV)		
(px/m ²)	(kg/m ²)	(t/ha)	Tilapia	Algas	Tilapia	Algas	TOTAL
5 a 6	4	40	4,0	10,0	4,0	10,0	14,0
7 a 8	6	60	6,0	10,0	6,0	10,0	16,0
9 a 10	8	80	8,0	10,0	8,0	10,0	18,0
11 a 12	10	10	10,0	10,0	10,0	10,0	20,0

Figura 3. Comparación entre el consumo de oxígeno de microalgas y tilapia en estanques de cultivo intensivo con diferente biomasa de peces y demanda de aireación para satisfacer estos consumos.

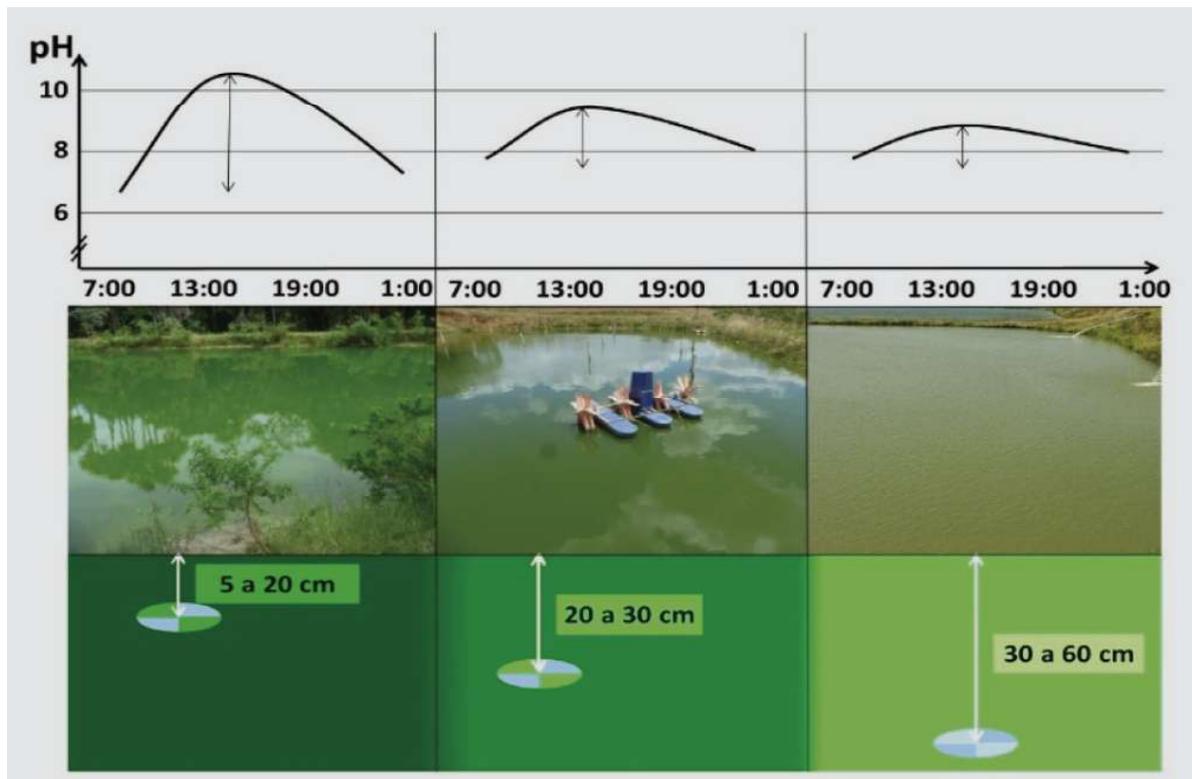


Figura 4. Variación del pH del agua a lo largo del día en estanques con agua verde y con diferentes transparencias de agua (diferentes densidades de microalgas).

Variación del oxígeno disuelto a lo largo del día: Peces, camarones, microalgas, zooplancton, bacterias y otros organismos consumen oxígeno todo el tiempo (llamemos a este consumo Respiración Total de un Vivero o RTV). Durante el día (horas con luz solar/radiación solar), a través de la fotosíntesis, las microalgas producen una cantidad de oxígeno generalmente mayor que la que se está consumiendo. En los días soleados, suele haber un aumento del oxígeno disuelto en el agua, ya que la producción de oxígeno a través de la fotosíntesis suele superar el consumo de oxígeno de las propias microalgas, peces, camarones y otros organismos (RTV). Esto genera una reserva (un excedente) de oxígeno en el agua. Sin embargo, con la disminución de la radiación solar al atardecer, la fotosíntesis se ralentiza y la producción de oxígeno comienza a estar por debajo del consumo. Durante la noche (sin luz, sin fotosíntesis) la reserva de oxígeno acumulada a lo largo del día es consumida por RTV. Puede haber riesgo de agotamiento total del oxígeno en el agua durante la noche y el amanecer. De ahí la necesidad de aireación nocturna en viveros y estanques.

Variaciones en el dióxido de carbono y el pH del agua: El equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración, además de dictar el régimen de oxígeno, también influye en otros parámetros químicos del agua, especialmente el pH y la concentración de dióxido de carbono (CO_2). En el transcurso de un día soleado, el dióxido de carbono proporcionado por RTV es utilizado rápidamente por las microalgas en la fotosíntesis. El dióxido de carbono tiene una reacción ácida en el agua ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$). Al mismo tiempo que se elimina el CO_2 (el agua disminuye naturalmente su acidez), el equilibrio del sistema tampón químico del agua ($\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CO}_3^{=}$) cambia hacia la generación de CO_2 para restaurar el CO_2 que se eliminó en la fotosíntesis. Para ello, los iones de bicarbonato (HCO_3^-) se

transforman en CO_2 ($2\text{HCO}_3^- = \text{CO}_2 + \text{CO}_3^{=} + \text{H}_2\text{O}$). Las microalgas también utilizan el ion bicarbonato directamente para la fotosíntesis. Por lo tanto, se reduce la concentración de iones de bicarbonato. Inmediatamente, los iones de carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) intentan restaurar la concentración de bicarbonato en el agua ($\text{CO}_3^{=} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$), generando iones hidroxilo (OH^-) en este proceso. La concentración de iones hidroxilo aumenta, lo que hace que el pH del agua aumente gradualmente. Cuando el pH del agua alcanza 8,3, ya no hay dióxido de carbono libre en el agua, y las microalgas siguen la fotosíntesis utilizando iones de bicarbonato como fuente de CO_2 , de ahí la importancia de mantener niveles adecuados de alcalinidad total en el agua (la base del Sistema Químico Tampón). Sin este aporte de bicarbonato por parte del sistema tampón, la población de microalgas colapsaría con la falta de combustible (CO_2) para la fotosíntesis, y podría producirse un fenómeno conocido como caída súbita del fitoplancton. Por lo tanto, en tanques con altas densidades de microalgas (aguas muy verdes) el pH del agua se eleva a lo largo del día, y puede superar fácilmente los 10,0 (**Figura 4**). Durante la noche, cuando cesa la fotosíntesis, y la respiración de microalgas, peces, camarones y otros organismos sigue aportando una gran cantidad de dióxido de carbono (que tiene una reacción ácida en el agua), el pH vuelve a descender, alcanzando valores mínimos al amanecer.

El pH influye directamente en el riesgo de toxicidad por amoníaco. Cuanto mayor sea el pH, mayor será el potencial tóxico del amoníaco. El dióxido de carbono que se acumula a lo largo de la noche y la madrugada dificulta la respiración de los peces y camarones, y puede causar asfixia. Así, el control de la población de microalgas (fitoplancton) es fundamental para: 1) reducir el riesgo de déficits de oxígeno, especialmente durante la noche; 2) minimizar

la variación diaria del pH y, por lo tanto, el riesgo de toxicidad por amoníaco por la tarde, cuando el pH más alto aumenta la concentración de amoníaco en su forma tóxica (NH_3) en el agua; 3) Evitar que se produzcan concentraciones excesivas de dióxido de carbono (por encima de 10 mg/L) durante la noche y la madrugada. Además, el control regular del fitoplancton permite reducir la potencia de aireación y, por tanto, el consumo de energía en las explotaciones agrícolas (menor potencia del aireador y menos horas de aireación nocturna).

Importancia del fitoplancton en la producción de peces y camarones: las microalgas eliminan el dióxido de carbono y el amoníaco excretados por los peces o generados en la descomposición de los desechos orgánicos. Estos metabolitos, junto con los nutrientes disponibles en el agua, se utilizan en la síntesis de glucosa: almidón (carbohidratos), aminoácidos (proteínas), ácidos grasos (lípidos), carotenoides, vitaminas y otros compuestos que sirven como nutrientes y factores de salud para peces y camarones. Los nutrientes

y la energía que aportan las microalgas sustentan la producción de una diversidad de organismos (rotíferos, cladóceros, copépodos, oligoquetos y poliquetos) que sirven de alimento a postlarvas y juveniles. En el tracto digestivo de estos organismos, los nutrientes presentes en las microalgas terminan siendo utilizados por peces y camarones, contribuyendo a su nutrición y salud. La producción de oxígeno a través de la fotosíntesis ayuda a mantener una condición aeróbica en los estanques, reduciendo la producción y acumulación de sustancias tóxicas como amoníaco, nitrito, gas sulfuro de hidrógeno y metano. Las microalgas también promueven el sombreado del fondo de los estanques, evitando el desarrollo de plantas acuáticas sumergidas y algas filamentosas. La presencia de microalgas sustenta el desarrollo de una comunidad heterogénea de organismos acuáticos (hongos, bacterias, protozoos, zooplancton, entre otros) que contribuyen al control natural de potenciales organismos patógenos, reduciendo problemas de parasitosis y enfermedades (Figura 5).

Composición de la materia seca de algunos alimentos de peces				
Organismos	Proteína (%)	Grasa (%)	Minerales (%)	Energía (kcal/kg/M)
Algas	30	6	34	3.500
Rotíferos	64	20	6	4.860
Cladóceros	56	19	8	4.800
Copépodos	52	9	7	5.400
Quironomídeos	59	5	6	5.000



Figura 5. Composición nutricional de las microalgas y otros organismos que componen el alimento natural de peces y camarones. Adaptado de Hepher, 1988.

Los componentes y el funcionamiento del sistema tampón químico (STQ)

La intensa respiración y fotosíntesis de las microalgas provocan una gran inestabilidad en las concentraciones de oxígeno y CO_2 , así como en el pH del agua. Esto puede dañar el bienestar, el rendimiento productivo y la salud de los peces y camarones. Mientras que la aireación se utiliza para evitar que se produzcan déficits de oxígeno, el STQ (Chemical Water Buffer System) ayuda a minimizar el aumento de CO_2 y las variaciones en el pH del agua. El STQ está formado por iones de carbonato y bicarbonato (alcalinidad) y iones de calcio, Ca^{+2} y magnesio, Mg^{+2} (dureza). A través del encalado es posible reforzar el sistema de amortiguación química del agua. La función principal del STQ es minimizar las variaciones diarias del pH, asegurando una mayor estabilidad química del agua en los estanques. La segunda función se refiere al control del dióxido de carbono. El STQ asimila el exceso de dióxido de carbono generado por la respiración, especialmente durante la noche, cuando no hay fotosíntesis. Y, a lo largo del día, el STQ pone a disposición CO_2 y bicarbonato para la fotosíntesis de las microalgas. Los valores de alcalinidad y dureza superiores a 30 mg CaCO_3/L se consideran adecuados en piscicultura. Para los camarones marinos, lo ideal es mantener valores por encima de 70 mg de CaCO_3/L . Aquí hacemos una advertencia: en granjas intensivas, con una gran ingesta de alimento, alta biomasa de peces y camarones y alta concentración de microalgas (aguas verdes y baja transparencia), se recomienda mantener la alcalinidad y dureza del agua

a niveles superiores a 60 mg de CaCO_3/L . Con la aplicación de piedra caliza agrícola, es difícil alcanzar valores de alcalinidad total superiores a 50 mg/ CaCO_3/L . Para alcanzar valores superiores a 50 mg/L, es necesario realizar aplicaciones fraccionadas de cal hidratada o cal viva del orden de 100 a 150 kg/ha/día (valores máximos diarios) hasta alcanzar el valor de alcalinidad total deseado. La dureza total aumenta paralelamente a la alcalinidad, con la aplicación de estos correctores.

La **Figura 6** ilustra el funcionamiento del STQ, en una analogía con una jeringa. En el centro de la jeringa se encuentra el rango de pH que idealmente nos gustaría mantener en el agua del estanque.

La eliminación de CO_2 por la fotosíntesis, a lo largo del día, provoca un efecto similar al de tirar del émbolo de la jeringa, haciendo que el pH del agua suba. Químicamente, este efecto se produce debido al desplazamiento del equilibrio $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CO}_3^{=}$. La eliminación del CO_2 da como resultado una mayor disociación del ion HCO_3^- para generar más CO_2 , lo que conduce a la formación y acumulación de iones $\text{CO}_3^{=}$, como se ilustra en la siguiente ecuación: $2\text{HCO}_3^- = \text{CO}_2 + \text{CO}_3^{=} + \text{H}_2\text{O}$.

Tenga en cuenta que se necesita la disociación de 2 iones HCO_3^- para formar una molécula de CO_2 y un ion $\text{CO}_3^{=}$. Para mantener el equilibrio con el bicarbonato, los iones $\text{CO}_3^{=}$ se disocian, generando solo un ion HCO_3^- y un hidroxilo (OH^-), como se ilustra en la siguiente ecuación: $\text{CO}_3^{=} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$. Esta reacción tiene que repetirse de nuevo para generar un segundo ion HCO_3^- y un hidroxilo (OH^-) más, para reemplazar los dos iones de bicarbonato utilizados para generar una molécula de dióxido de carbono. Así,

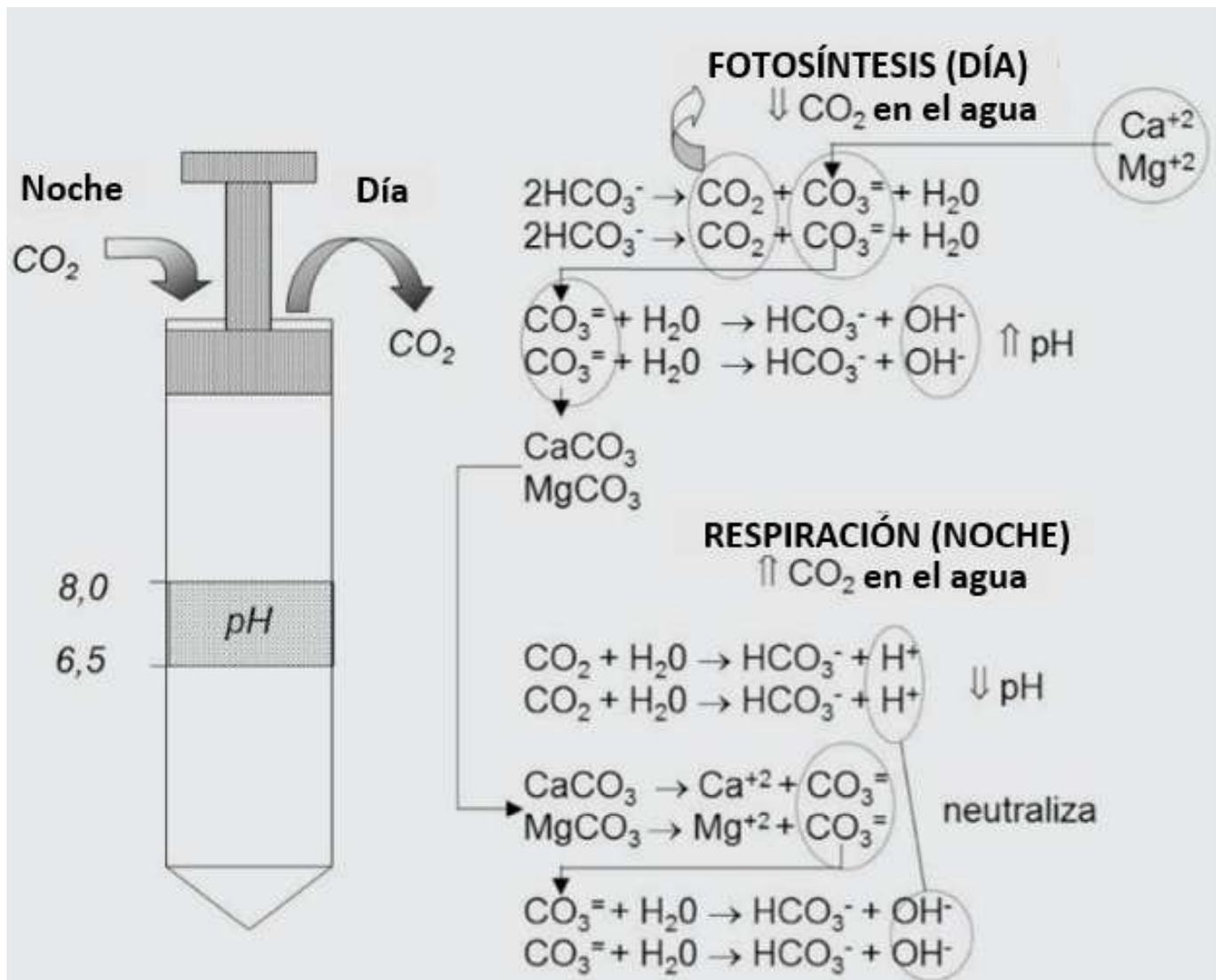


Figura 6. Representación del funcionamiento del sistema de amortiguación de agua química.

la concentración de iones de bicarbonato disminuye gradualmente para generar CO_2 y la concentración de OH^- aumenta, lo que se traduce en un aumento progresivo del pH del agua. La presencia de iones libres de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el agua (dureza total) inmoviliza los iones CO_3^{2-} (ver **Figura 6**), formando precipitados de CaCO_3 y MgCO_3 . De esta manera, habrá menos iones CO_3^{2-} libres en el agua para disociarse en HCO_3^- y OH^- , atenuando la elevación del pH del agua, incluso bajo una intensa actividad fotosintética.

Cuando el pH del agua alcanza 8,3, ya no se detecta CO_2 libre y la concentración de iones HCO_3^- alcanza su valor máximo (**Figura 7**). Por encima de pH 8,3, la concentración de iones HCO_3^- comienza a disminuir mientras que la concentración de iones CO_3^{2-} aumenta. Con el pH del agua cercano a 10,2, las concentraciones de estos iones son iguales. La extinción de los iones HCO_3^- libres se produce a valores de pH de alrededor de 12,6.

Los valores de pH del agua por encima de 10 suelen observarse a última hora

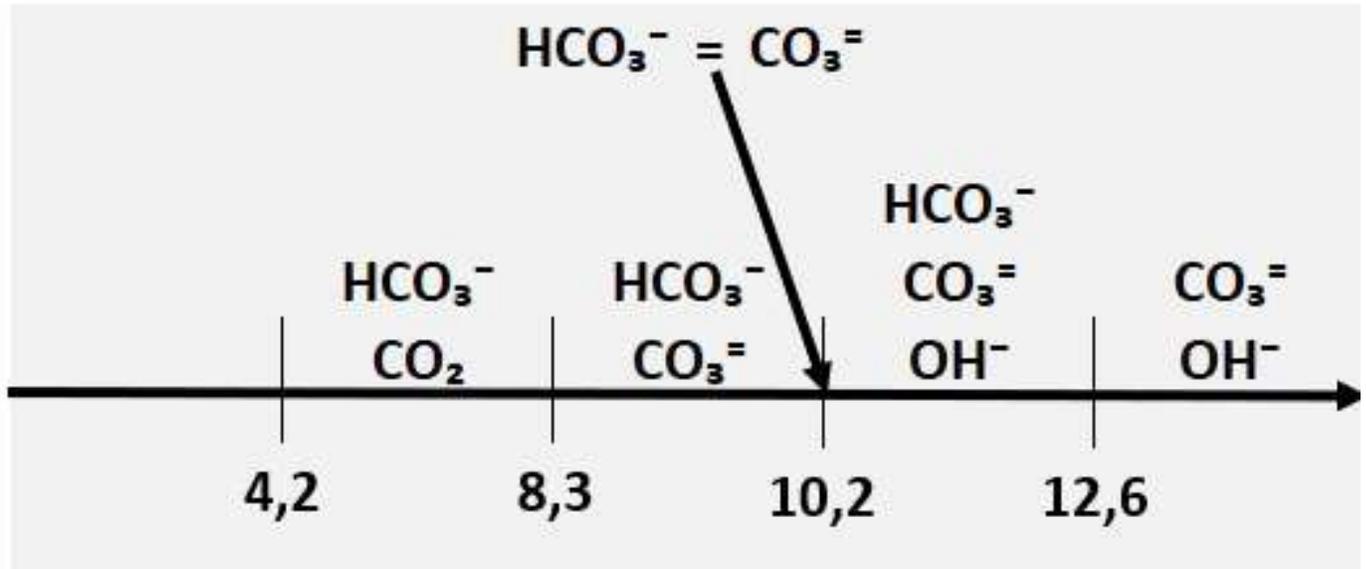


Figura 7. Sistema tampón químico: presencia de dióxido de carbono - CO_2 , bicarbonato - HCO_3^- , carbonato - $\text{CO}_3^{=}$ e hidroxilo OH^- en función del pH del agua.

de la tarde, en estanques con una densa población planctónica y agua con bajo poder amortiguador (agua con baja alcalinidad y dureza). El alto pH del agua puede causar molestias y daños en el aumento de peso, la conversión alimenticia y la salud de peces y camarones. Los animales buscan comodidad en aguas más profundas, donde el pH puede ser más moderado debido a la menor actividad fotosintética de las microalgas. Sin embargo, las aguas más profundas son más pobres en oxígeno y también causan molestias a los animales. El auto envenenamiento por amoníaco también se desencadena por la exposición continua a aguas de pH alto y puede provocar una muerte considerable de peces en condiciones de cultivo.

Consideraciones finales

A la luz de lo comentado en este artículo, el productor debe tener en cuenta la importancia de utilizar alimentos de alta calidad, contar con equipos de aireación, realizar un control periódico de las microalgas

y mantener un adecuado poder químico amortiguador en el agua de estanques y presas. En los próximos artículos de esta serie, se detallarán las principales prácticas para corregir la calidad del agua, las estrategias de control del fitoplancton, especialmente las algas cianofíceas, y el manejo eficiente de la aireación.

Puede acceder al artículo original en la revista **Panorama da AQUICULTURA**, 2025, Vol. 32, edición 199, Pág.: 20-27 o a través del siguiente enlace:

<https://panoramadaaquicultura.com.br/origem-dos-residuos-impacto-das-racoes-e-do-fitoplancton-na-qualidade-da-agua-e-o-sistema-tampao-quimico-da-agua/>



PAISummit

Proteína Animal Internacional Venezuela

¡ NUESTRA PROTEÍNA VALE !

PRODUCIDO POR
Innovagro

PAI Summit es el encuentro de Proteína Animal Internacional y nacional, este año nace una plataforma donde convergemos todos, apoyando el desarrollo de la industria, contribuyendo a su crecimiento y competitividad. Este no es un congreso más, es el punto de encuentro para construir juntos el futuro de nuestra industria, la **CUMBRE** más importante de proteína animal.

¿Cuándo y dónde es la cumbre?



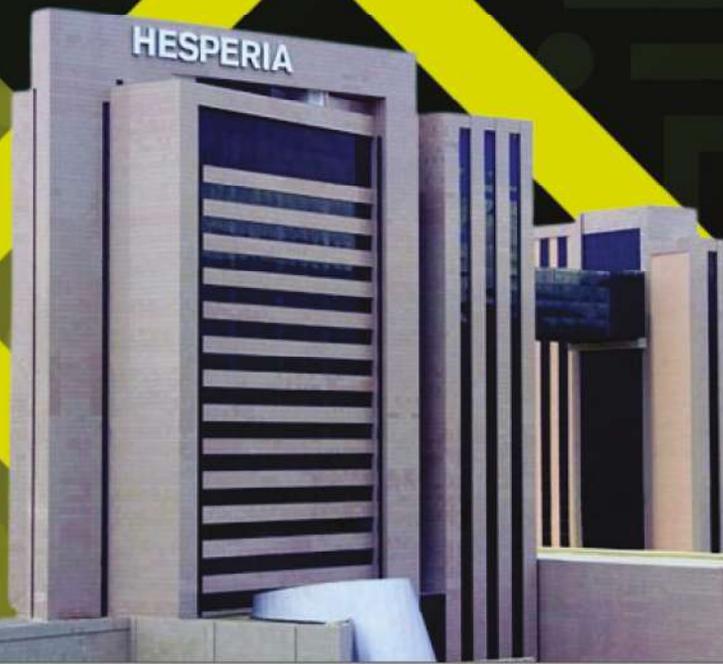
LUGAR: HOTEL HESPERIA WTC



FECHA: 22 AL 24 DE OCTUBRE DE 2025



VALENCIA, CARABOBO



InnovAgroIt@gmail.com



innovAgro



www.innovagroIt.com



@innovagroIt

ELIMINACIÓN DE RESIDUOS NITROGENADOS EN SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN ACUÍCOLA UTILIZANDO UN INNOVADOR BIORREACTOR

Cuerpo editorial de El Acuicultor

Introducción

Los Sistemas de Recirculación Acuicultura (RAS) son una forma sostenible de cultivar peces, optimizando el uso del agua y minimizando el impacto ambiental al reciclar el agua dentro del sistema. Este método crea un entorno controlado que favorece una producción eficiente y de alta densidad, gracias a un manejo preciso de los parámetros de calidad del agua esenciales para la salud de los peces. Los RAS pueden reutilizar más del 90% del agua en el sistema, aunque no son completamente cerrados debido a la necesidad de eliminar desechos no degradables y reemplazar agua evaporada.

Sin embargo, enfrentan retos significativos en la filtración de agua, crucial para eliminar residuos tóxicos como el amoníaco. Para ello, incluyen filtros mecánicos, biológicos y, en algunos casos, químicos o UV. El mantenimiento de estos sistemas es complejo y su fallo puede tener graves consecuencias para los peces, impulsando la necesidad de

innovaciones tecnológicas.

Entre las soluciones innovadoras se destaca la tecnología de suspensión de esponja de flujo descendente (DHS), que emplea esponjas para ofrecer una gran superficie para la actividad microbiana, y ha demostrado ser efectiva y económica en el tratamiento de aguas residuales, incluidos los efluentes acuícolas. Por otro lado, la tecnología de "manto de lodo" de flujo ascendente (USB), que se basa en la descomposición de contaminantes orgánicos por microorganismos anaeróbicos en un lecho de lodo, es reconocida por su alta eficiencia y capacidad para manejar cargas orgánicas, así como por la generación de biogás.

Ambas tecnologías presentan alternativas prometedoras para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia en los sistemas de recirculación acuícola, subrayando la necesidad de continuar la investigación y el desarrollo en estos campos.

El biorreactor DHS-USB combina procesos aeróbicos y anaeróbicos para transformar el amoníaco en gas nitrógeno, reduciendo así

los niveles tóxicos de amoníaco y nitrito, lo que mejora la calidad del agua en sistemas acuícolas. Esto resulta en menos estrés para los peces, mejores tasas de conversión alimenticia y crecimiento, siendo crucial para el éxito en sistemas RAS. Este es un sistema modular adaptable a cualquier operación acuícola, desde instalaciones de investigación pequeñas hasta grandes sistemas comerciales.

A pesar de los resultados prometedores en la mejora de la eliminación de nitrógeno, el uso del biorreactor DHS-USB en la acuicultura no se ha extendido debido a la falta de datos sobre su eficiencia y la posible introducción de enfermedades bacterianas en los RAS.

Este estudio busca evaluar su rendimiento en la purificación y reutilización de agua, mediante el diseño y construcción de un sistema sencillo que incorpora el biorreactor DHS-USB.

Materiales y método

El RAS se configuró con tres tanques de peces, de 1000 L cada uno, conectados a un biorreactor independiente de esponja colgante de flujo descendente (DHS) y manto de lodo de flujo ascendente (USB) (reactor DHS-USB) (**Figura 1**). El agua de un tanque reservorio central se bombea a cada tanque con peces, donde por gravedad se dirige a la entrada del reactor USB. El agua fluye

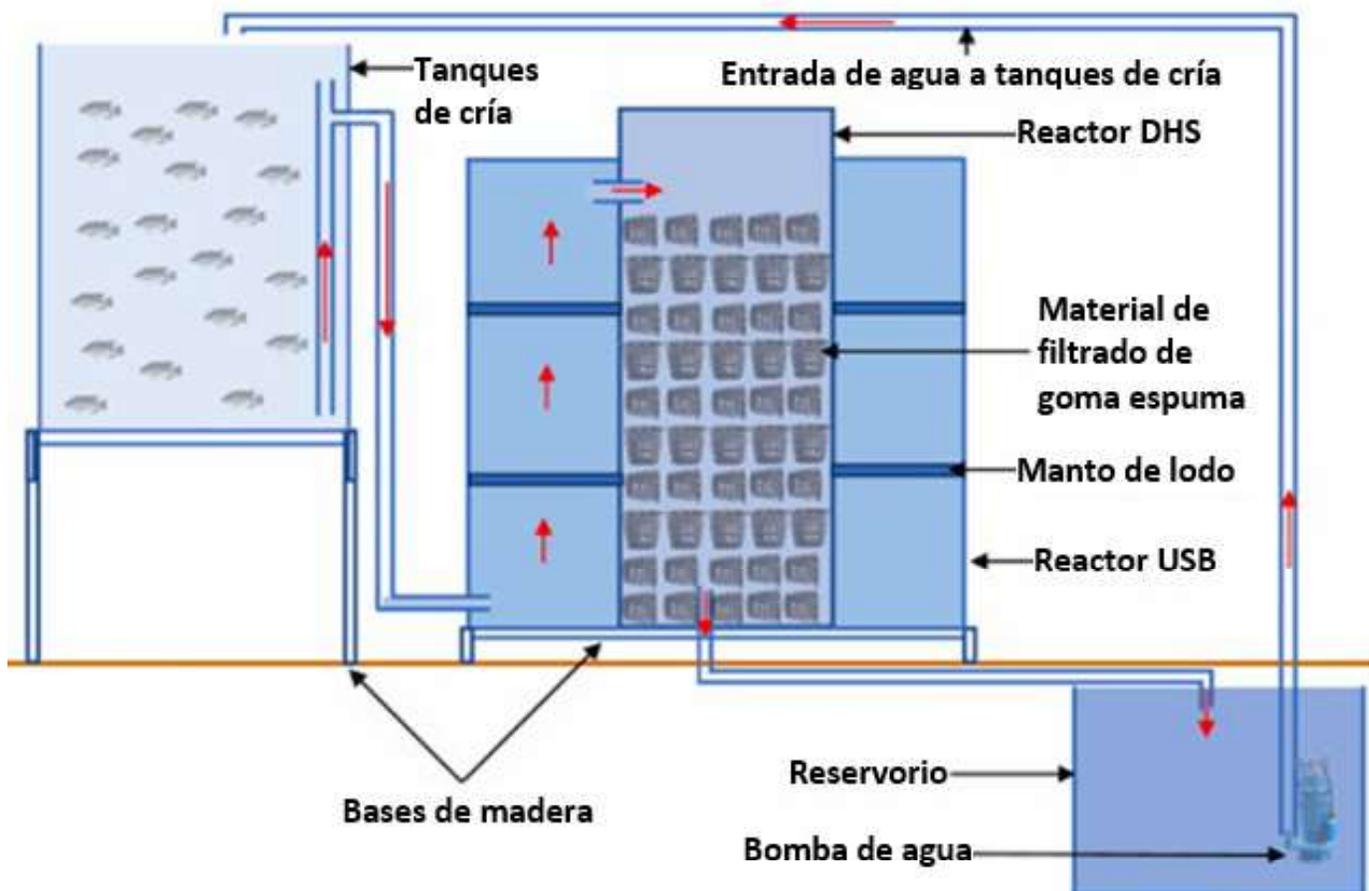


Figura 1. Plano esquemático para un sistema RAS a pequeña escala, con un sistema combinado de biorreactor DHS-USB para la filtración de residuos nitrogenados. Las flechas rojas indican la dirección en la que fluye el agua en el sistema. Nota: el diagrama no está a escala.

a través del biorreactor USB de abajo hacia arriba, ingresando posteriormente al reactor DHS por la parte superior y moviéndose hacia abajo a través de la matriz de esponjas del reactor. Un sifón de campana retiene el agua dentro del DHS durante 30 minutos antes de su regreso al reservorio.

El biorreactor DHS-USB fue diseñado con un cilindro interno y una carcasa externa fabricada en acero. El reactor DHS, situado en el centro, contiene la esponja para proporcionar una gran superficie para la colonización bacteriana. El reactor USB rodea el DHS y está relleno de lodo granular aeróbico.

Los tanques de cultivo de peces se llenaron con 900 L de agua dulce tratada. Alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se sembraron a una densidad de un individuo por cada 10 litros, lo que supone un total de 90 peces por tanque. Los peces fueron alimentados inicialmente con un 5 % de su peso corporal por día, reducido al 3 % después de tres meses y medio. Los alimentos comerciales se fueron ajustando en tamaño, con ajustes de ración, según la etapa de crecimiento (**Tabla 1**). El agua de cada tanque se rellenó periódicamente para

contrarrestar la evaporación y la pérdida de agua por muestreo. La temperatura del agua se mantuvo entre 26 ± 2 °C dentro de un invernadero para minimizar las fluctuaciones ambientales.

El rendimiento del crecimiento de los peces se evaluó quincenalmente, midiendo la longitud y el peso de diez peces seleccionados al azar de cada tanque. Los datos recogidos se utilizaron para calcular la Ganancia de Peso Corporal (GPC) y la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) utilizando las fórmulas: $GPC = \text{Peso corporal final} - \text{Peso corporal inicial}$ y $TCE = [(\ln \text{Peso corporal final} - \ln \text{Peso corporal inicial}) / \text{Tiempo}] \times 100$. La eficiencia de la utilización del alimento también se evaluó utilizando el Índice de Conversión Alimenticia (TCA) = $\text{Ingesta de alimento} / \text{Ganancia de peso corporal}$ y la Tasa de Eficiencia Alimenticia (TEA) = $\text{Ganancia de peso corporal} / \text{Ingesta de alimento}$.

Análisis de los parámetros de calidad del agua

La calidad del agua se monitoreó a través de mediciones diarias de temperatura, oxígeno disuelto (OD), pH, sólidos disueltos totales (SDT) y conductividad eléctrica (CE)

Edad de los peces	Tipo de alimento	Proteína bruta	Fibra bruta	Grasa bruta	Contenido de humedad	Cantidad de alimento
1 Mes	Triturado (polvo)	40 %	4 %	8 %	10 %	5 %
2-3 meses	Pre-Engorde (pellet de 2 mm)	35 %	4 %	8 %	10 %	5 %
4-5 meses	Engorde (pellet de 3 mm)	32 %	6 %	10 %	10 %	3 %
6 Meses	Finalizador (pellet de 4 mm)	32 %	6 %	10 %	10 %	3 %

Tabla 1. Composición proximal y cantidad de alimento en las distintas etapas de los peces.

utilizando una sonda multiparamétrica. Se tomaron muestras quincenales del afluente y efluente de cada compartimento del RAS y se analizaron las concentraciones de amoníaco, nitrito, nitrato, carbono inorgánico total (CIT) y fosfato mediante espectrofotometría. La eficiencia de filtración del sistema DHS-USB se calculó comparando las concentraciones de nutrientes en la entrada y salida del tanque, según la fórmula: Eficiencia de filtración (u) = $(C_i - C_e) / C_i \times 100 \%$, donde C_i es la concentración de entrada y C_e es la concentración de salida.

Cultivo de bacterias aisladas de compartimentos de reactores DHS-USB

Se recolectaron muestras de agua de los tanques de cultivo, del reactor USB, del reactor DHS y del tanque de sumidero en las semanas 4, 8 y 20. Las muestras se diluyeron en serie y se cultivaron en agar en placas de Petri para enumerar las unidades formadoras de colonias bacterianas (UFC) después de una incubación de 36 horas a $26 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. La densidad de la UFC proporcionó información sobre la abundancia bacteriana en los compartimentos del RAS, lo que refleja la contribución de la comunidad microbiana a la biofiltración.

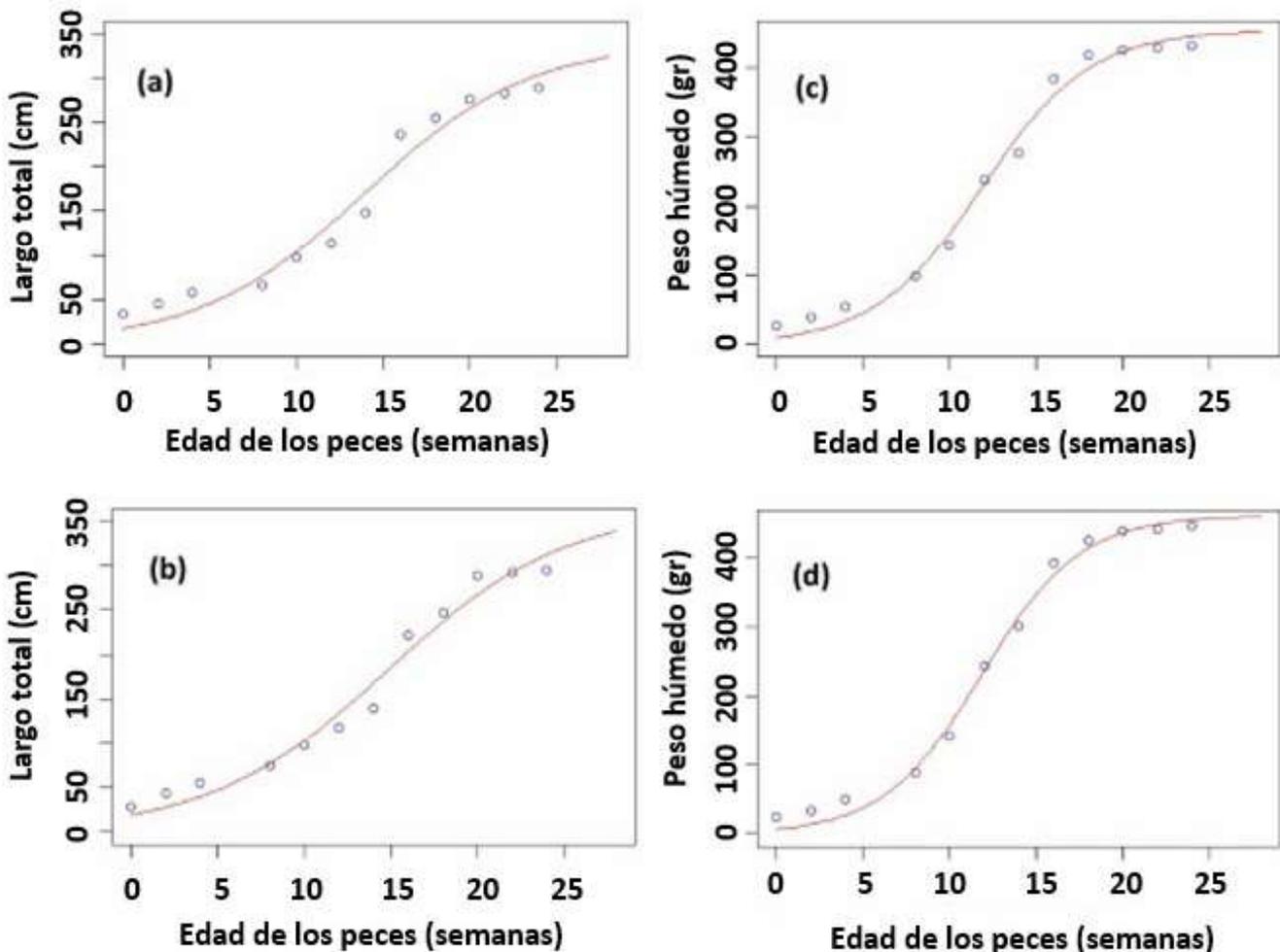


Figura 2. Rendimiento de crecimiento de los peces (longitud y peso total. a) Longitud total de los peces en el sistema DHS-USB; b) Longitud total de los peces en el sistema acuapónico de piedra pómez; c) Peso húmedo de los peces en el sistema DHS-USB; d) Peso húmedo en el sistema acuapónico de piedra pómez.

Resultados

Rendimiento del crecimiento de los peces

No hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) en el peso y la longitud de los peces cultivados en el sistema de acuicultura de recirculación DHS-USB y el sistema acuapónico con piedra pómez como medio de filtración de residuos (**Figura 2**). Los resultados muestran que la longitud total y el peso húmedo de los peces aumentaron con la edad en ambos sistemas. Los peces en el sistema DHS-USB RA crecieron más rápido que los peces en el sistema de piedra pómez. Por ejemplo, después de 25 semanas, los peces en el

sistema DHS-USB tenían una longitud total de unos 35 cm, mientras que los peces en el sistema de piedra pómez tenían una longitud total de unos 25 cm.

Otras métricas de crecimiento de los peces se muestran en la **Tabla 2**. La tasa de crecimiento estándar (TCE) y la ganancia de peso corporal (GPC) fueron de $1,98 \pm 0,04$ y $322,52 \pm 13,49$ respectivamente. El índice de conversión alimenticia (TCA) y la eficiencia alimenticia (TEA) fueron $1,83 \pm 0,007$, $2,22 \pm 0,03$ y $0,19 \pm 0,02$ respectivamente.

Parámetro	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Promedio
Peso inicial (g)	15,00 ± 3,78	15,00 ± 3,78	15,00 ± 3,78	15,00 ± 3,78
Longitud inicial (mm)	40,0 ± 15,60	40,0 ± 15,60	40,0 ± 15,60	40,0 ± 15,60
Longitud final (mm)	274,48 ± 11,18	297,36 ± 14,21	290,47 ± 12,34	287,48 ± 12,72
Peso final (g)	342,24 ± 18,36	341,51 ± 15,94	330,28 ± 18,27	338,65 ± 20,41
Ganancia de peso corporal (GPC)	337,11 ± 15,27	326,32 ± 11,69	313,96 ± 16,43	322,52 ± 13,49
Tasa de crecimiento específico (TCE)	2,06 ± 0,03	1,89 ± 0,05	1,98 ± 0,03	1,98 ± 0,04
Tasa de conversión alimenticia (TCR)	2,18 ± 0,04	2,24 ± 0,04	2,24 ± 0,02	2,22 ± 0,03
Tasa de Eficiencia Alimenticia (TEA)	0,19 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,19 ± 0,02
Factor condicional (K)	1,79 ± 0,07	1,84 ± 0,03	1,84 ± 0,04	1,83 ± 0,07
Sobrevivencia (%)	100,00 ± 0,00	99,60 ± 0,10	98,20 ± 0,18	98,40 ± 0,88

Tabla 2. Análisis del rendimiento del crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada en RAS con sistema de biofiltración combinado DHS-USB.

Parámetro de calidad del agua y eficacia de filtración de los residuos

Los parámetros físicos de los tanques, tales como pH, temperatura y oxígeno disuelto, estuvieron dentro de los límites permisibles para el cultivo de tilapia, es decir, $6,8 \pm 0,4$, $22 \pm 3,2$ °C y $4 \pm 3,2$ mg/L respectivamente. El oxígeno disuelto (OD) y el pH en todos los tratamientos se reducen gradualmente desde el inicio del experimento y se estabilizan ligeramente hacia el final del experimento, con USB teniendo los valores más bajos (**Figura 3a y b**). El pH fluctúa a lo largo del experimento, y los cuatro tanques muestran tendencias similares. La concentración de OD fluctúa a lo largo del experimento, y los cuatro tanques (tanques de cultivo, USB, DHS y tanque reservorio) muestran tendencias similares. La concentración de OD generalmente comienza alrededor de 7 mg/L y luego disminuye durante los primeros 20 días alrededor de 6,5 mg/L. Luego aumenta ligeramente durante los siguientes 10 días alrededor de 7 mg/L antes de disminuir nuevamente durante los siguientes 50 días alrededor de 6 mg/L. La concentración de OD vuelve a aumentar durante los últimos 10 días del experimento hasta alrededor de 7 mg/L. El pH generalmente comienza alrededor de 7,5 y luego disminuye durante los primeros 20 días alrededor de 7,2. Luego fluctúa ligeramente entre 7,2 y 7,4 durante los siguientes 40 días, antes de volver a disminuir en los siguientes 20 días alrededor de 7. Luego, el pH aumenta ligeramente durante los últimos 10 días del experimento alrededor de 7,2. Por otro lado, la concentración de sólidos disueltos totales (SDT) dentro del sistema de cultivo aumentó durante todo el período de cultivo de peces con menor concentración en el tanque reservorio y DHS (**Figura 3c**).

Se observó que la reducción de la concentración entre los tanques de producción y el reservorio en el sistema DHS-

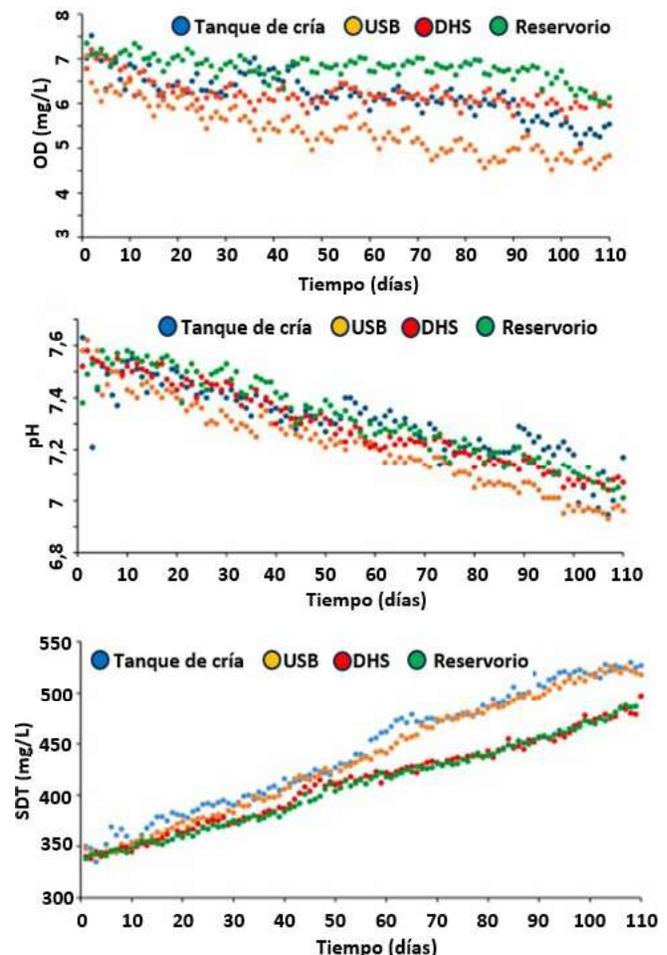


Figura 3. Fluctuaciones temporales de los parámetros físicos en el RAS. a) Concentraciones de oxígeno disuelto (OD); b) pH y c) Concentración total de sólidos disueltos.

USB fue de $34,68 \pm 8,27$ % para el nitrato de amonio total, de $17,54 \pm 5,32$ % para el carbono inorgánico total y de $43,71 \pm 8,46$ % para los sólidos suspendidos totales. De manera similar, en el Sistema Acuapónico Piedra Pómez, la reducción de la concentración entre el tanque de producción el reservorio fue de $29,75 \pm 6,41$ % para el nitrato de amonio total, $20,08 \pm 6,55$ % para el carbono inorgánico total y $38,96 \pm 7,18$ % mg/L para los sólidos suspendidos totales. Estos resultados sugieren que ambos sistemas reducen efectivamente la concentración de los parámetros de calidad del agua

medidos entre los tanques de producción y el reservorio. Los resultados muestran que el sistema DHS-USB fue significativamente más eficaz que el sistema de piedra pómez para eliminar los tres parámetros de calidad del agua. El sistema DHS-USB logró una

mayor reducción del nitrato de amonio total y de los sólidos suspendidos totales (**Figura 4A y C**) en comparación con el sistema de piedra pómez, que fue ligeramente mayor en la reducción del carbono inorgánico total (**Figura 4B**).

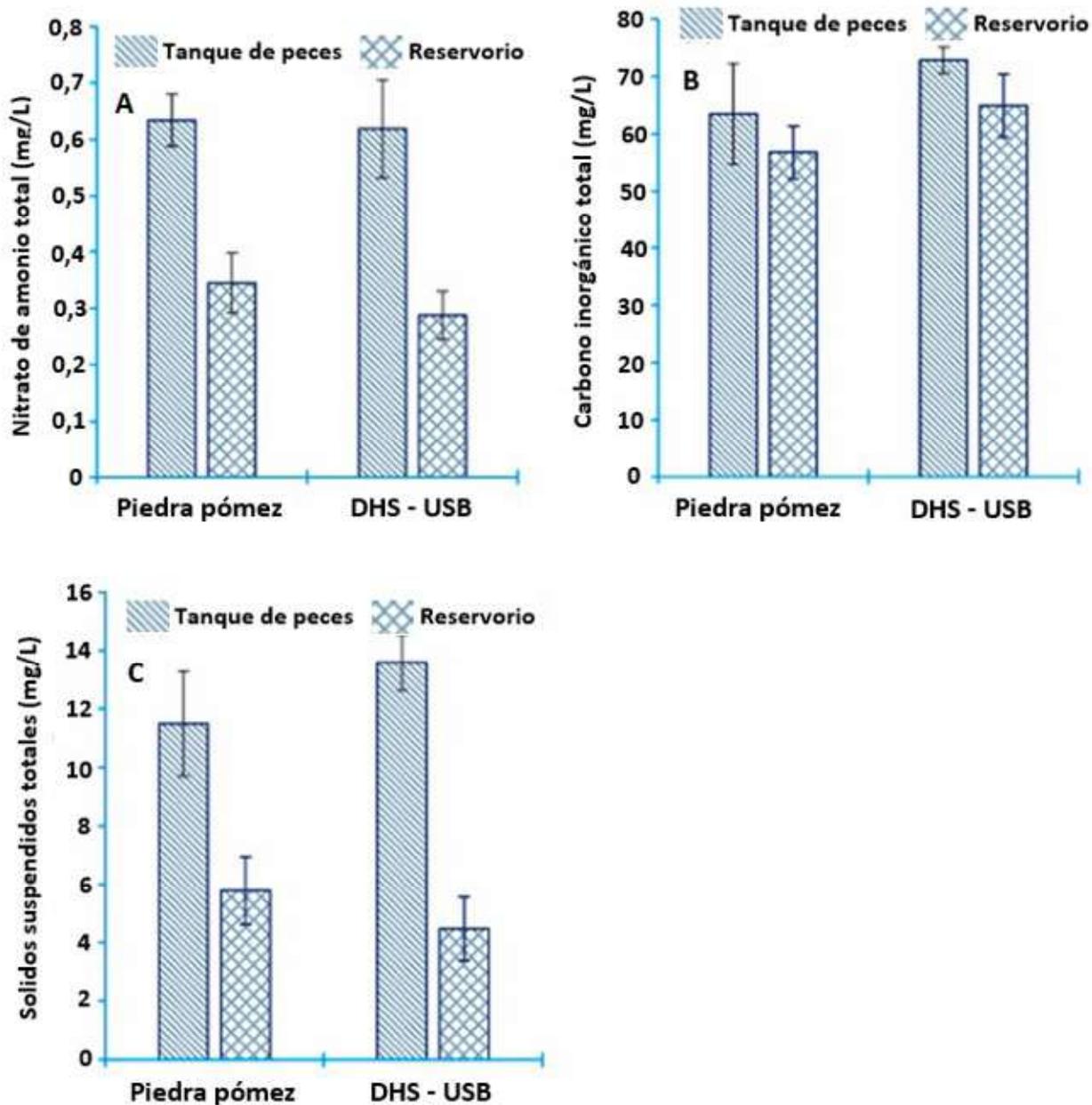


Figura 4. Concentración de los principales parámetros de calidad del agua. A) Nitrate de amonio total; B) Carbono inorgánico total y C) Sólidos suspendidos totales en mg/L en sistema acuapónico y en el sistema RAS DHS-USB.

Densidad de colonias de bacterias en el sistema de acuicultura de recirculación (AR)

El recuento total de colonias bacterianas osciló entre $2,94 \times 10^2$ y $3,83 \times 10^5$ UFC/mL en diferentes compartimentos del sistema RAS tomadas desde la cuarta semana hasta la vigésima semana a intervalos de cuatro semanas. El gráfico muestra que la densidad bacteriana en los cuatro componentes del RAS sigue una tendencia similar. La densidad bacteriana es inicialmente baja, alrededor de 3×10^4 UFC/mL, y luego aumenta gradualmente a lo largo de las doce semanas del experimento con diferencias evidentes en la densidad de colonias observadas en la última semana. La densidad de bacterias

fue mayor en el sistema de esponja colgante de flujo descendente (DHS) ($3,54 \pm 0,27 \times 10^5$ UFC/mL) y el más bajo en los tanques de producción ($2,40 \pm 0,16 \times 10^5$ UFC/mL) durante las últimas semanas de cultivo (Figura 5).

Discusión

La acuicultura enfrenta retos importantes en la gestión de desechos nitrogenados, que amenazan los ecosistemas acuáticos. Este estudio evaluó un sistema combinado de biorreactor de esponja colgante de flujo descendente (DHS) y manto de lodo de flujo ascendente (USB) en un sistema de recirculación acuícola de agua dulce (RAS). El sistema DHS-USB demostró ser eficaz en

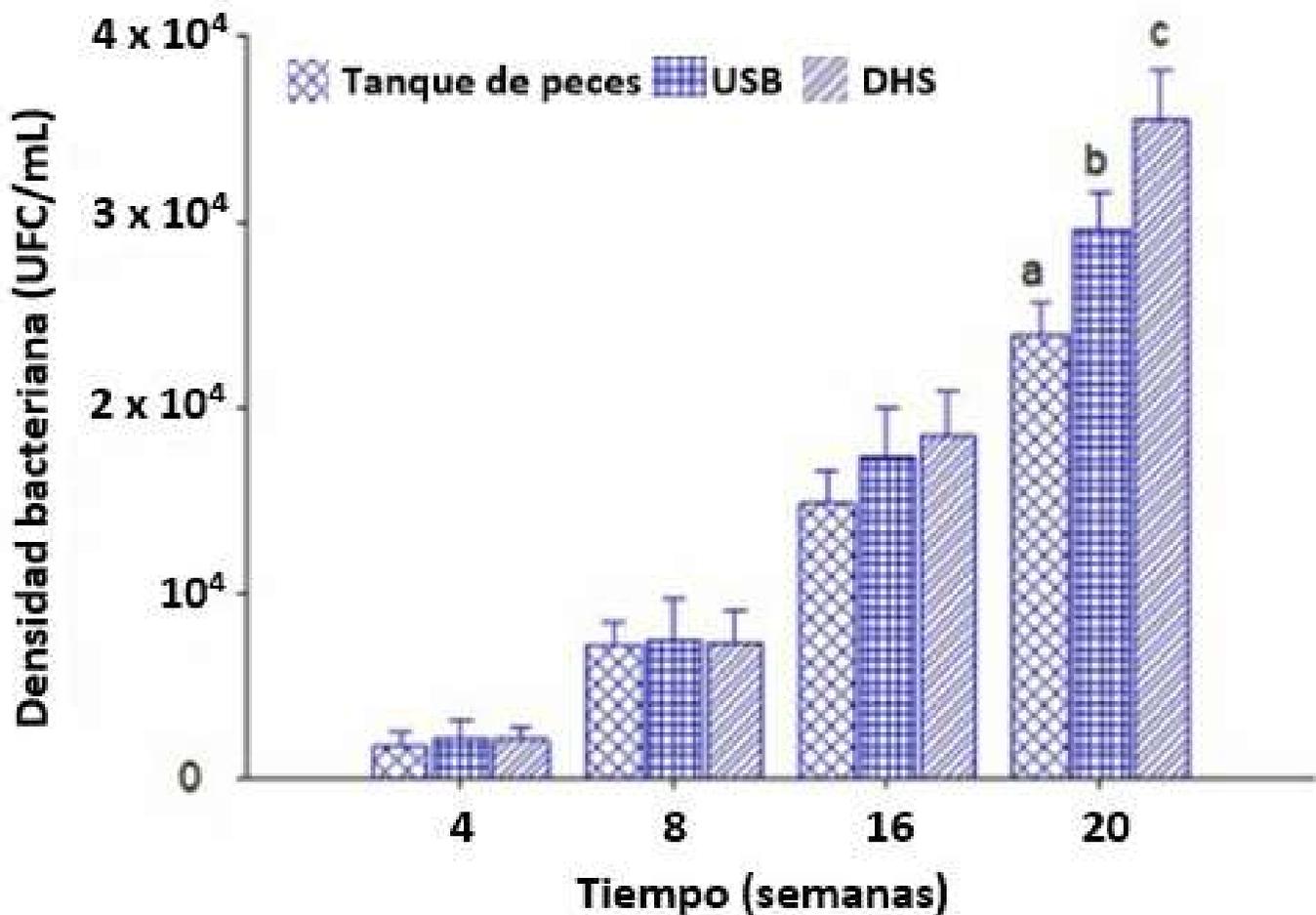


Figura 5. Densidad bacteriana (UFC/mL) dentro de diferentes compartimentos del Sistema de RAS DHS-USB (Media \pm DE, n = 3, prueba de Tukey-Kramer, a < b < c).

la eliminación de residuos nitrogenados, el mantenimiento de la calidad del agua y el fomento del crecimiento de los peces, respaldando hallazgos previos sobre tecnologías RAS.

El sistema logró reducciones significativas de desechos, con una disminución del 34,68 % en nitrato de amonio total (NAT), 17,54 % en carbono inorgánico total (CIT) y 43,71 % en sólidos suspendidos totales (SST), superando los resultados de un sistema de piedra pómez. Estos resultados son consistentes con investigaciones anteriores que destacan la efectividad de los sistemas DHS y USB en el tratamiento de aguas residuales.

Se sugiere que el sistema combinado DHS-USB optimiza las etapas de tratamiento aeróbico y anaeróbico, proporcionando un enfoque más completo para mantener la calidad del agua y abordando limitaciones de biofiltros independientes. Esto refuerza el potencial de estas tecnologías para mejorar la eliminación de nitrógeno en sistemas RAS cerrados.

El sistema de biorreactor DHS-USB mostró un rendimiento superior en el crecimiento de los peces en comparación con el sistema acuapónico de piedra pómez, evidenciado por una tasa de crecimiento estándar de 1,98 y un índice de conversión alimenticia de 2,22, ambos dentro del rango óptimo para la producción de peces. Esta mejora se atribuye a la calidad del agua optimizada gracias al biofiltro DHS-USB, lo que respalda hallazgos previos que indican que los sistemas RAS ofrecen ventajas significativas sobre métodos acuícolas tradicionales.

Además, la densidad de colonias bacterianas fue mayor en el componente DHS del sistema, lo que sugiere un entorno favorable para el crecimiento bacteriano, crucial en la descomposición de materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Los resultados indican que la comunidad microbiana activa en el sistema DHS contribuye a la degradación eficiente de contaminantes y a la eliminación de desechos nitrogenados. Este estudio

reafirma la importancia de las comunidades microbianas en el mantenimiento de la calidad del agua y respalda el papel del biorreactor DHS como una plataforma eficaz para la actividad microbiana y la gestión de nutrientes.

Conclusión

En conclusión, el sistema de biorreactor DHS-USB resultó en una reducción de la concentración de residuos nitrogenados, carbono inorgánico y sólidos en suspensión. Esto demuestra la capacidad de esta innovadora tecnología para mitigar la acumulación de residuos nitrogenados en los sistemas acuícolas de recirculación. El sistema empleó procesos mecánicos de filtración, nitrificación y desnitrificación para descomponer y reducir la concentración de desechos acuícolas. Además, el sistema no tuvo ningún efecto negativo en el crecimiento de los peces, por lo que el crecimiento de los peces fue óptimo en el sistema. El sistema también favorece el crecimiento de bacterias que podrían estar implicadas en la descomposición de los residuos nitrogenados, reduciendo así la concentración. Sin embargo, se requieren más estudios para evaluar los cambios en las densidades de especies de bacterias específicas dentro de este sistema. Al abordar uno de los desafíos más importantes en la acuicultura, el biorreactor DHS-USB ofrece una solución sostenible para mejorar la productividad y la sostenibilidad ambiental en las operaciones de piscicultura.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Nitrogenous Waste Removal in Closed Freshwater Recirculating Aquaculture Systems Using an Innovative DHS-USB Bioreactor" escrito por Obondo, C. O., Kagali, R. N., Njogu, P. M. y Kamau, J. N. 2025. *Journal of Agriculture and Food Research*. (2025) 19

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101577>



DISTRIBUIDORA

GRAN ROQUE



**SUPERIORIDAD EN
INGREDIENTES
DE ALIMENTACIÓN
ACUÍCOLA PARA
TU EMPRESA.**

 [distribuidoragranroque](https://www.instagram.com/distribuidoragranroque)



04147892056



ventasgranroque@gmail.com





Sociedad Venezolana de Acuicultura

4

PROCAM, S.A.
"LA ORGANIZACIÓN QUE GARANTIZA CALIDAD Y BUEN SERVICIO"

A través de la década de los años 80 la acuicultura tropical tuvo gran auge en Venezuela y en otros países de América Latina. En el Oriente del País, destacan en desarrollo granja camaroneras, las cuales, aprovechando las condiciones naturales, sus prácticas acuicultoras técnicas modernas y basadas en sus conocimientos.

Los países mencionados resalta la idea de calidad referente a utilizar una planta productora única, que resalta los problemas técnicos y técnicos, entre los cuales podemos mencionar: garantizar un control de procesamiento higiénico, infraestructura, confiabilidad de la instalación, que permita el manejo de los recursos, cumpliendo con los requisitos de explotación y la posibilidad de realizar un mercado y comercialización en distintos, que permitan el acceso a grandes volúmenes, en distintos tipos de instalaciones en las zonas y condiciones de venta.

PROCAM, S.A., inició sus actividades en el año 1982, buscando el desarrollo acuicultor en cada zona y viene la posibilidad de ampliar, utilizando nuevas técnicas de cultivo, procesamiento de sus instalaciones productivas. Se tiene todo el concepto de una empresa de servicio, que recibe las instrucciones del cliente, para luego entregar y preparar el cultivo en cada zona.

Se sigue la línea de acciones que los clientes venían como: la CA Centro Científico respecto a la ubicación de las granjas, cuenta con los servicios públicos (energía, agua, luz, celular, etc.), servicio de recolección al Puerto Marítimo de Guayana y disponibilidad de mano de obra.

Reflexión concluye que los esfuerzos dedicados en el desarrollo y operación de la planta productora y PROCAM, S.A., significó la calidad que garantiza Calidad y Buen Servicio, cumpliendo con las Normas Técnicas Venezolanas y las prácticas exigidas por organismos internacionales.

AQUALINE
La Línea que le ofrece programas completos de alimentación para:

CAMARONES TRUCHAS TILAPIAS CACHAMAS

Purina
Lider Mundial en Nutrición Animal

EN MALLAS PLÁSTICAS... LA SOLUCIÓN EN ACUICULTURA LA TIENE

TRICAL
DE VENEZUELA, C.A.

- Por ser fabricadas en polietileno, es el único producto del mercado que garantiza la inocuidad para con el especie explotada.
- Presentan dimensiones ideales para la elaboración de jaulas y corrales (cumpliendo con los requerimientos de profundidades mínimas requeridos).
- Es la única solución para la cría y el engorde de peces en cautiverio.
- Ideales para el manejo y control del consumo del alimento en acuarios.
- Permiten desarrollar los policultivos (especies no afines).
- Controla los depredadores, tanto exterior como al interior del tiempo del agua.

Para mayor información:
Consulte al nuestro representante técnico en TRICAL DE VENEZUELA, C.A. Tel: (02) 7833811 Fax: (02) 7838111 Caracas, Venezuela.

PRODUCTOS PARA LA ACUICULTURA
ACUARIOS
ALEVINOS, PECES ORNAMENTALES
CONSULTORIAS

Acuicultura

- Alimentación de Tilapia Roja, cachama, bocachico y bagre.
- Estudios de factibilidad, técnico-económico de proyectos para el cultivo de organismos acuáticos.
- Questión de organismos acuáticos, muestras de agua y residuos de aguas naturales o artificiales.
- Asesoría técnica en acuarios, tanques y lagunas de producción.
- Diseño y construcción de acuarios con líneas ornamentales, adólicas y turísticas.
- Equipos de aireación, plantas adólicas, medidores de oxígeno, equipos de laboratorio, redes, bombas, sifones, termómetros, litmos, bibliografía, software, tubos, válvulas, conexiones, etc.

LOCAL: Al. Cedeño C.C. P.O. Box 5020 P.O. 4. GRANJA, 0.7 Km. P.O. de Guayana. TEL: (021) 8834880 FAX: (021) 8834880

COMA SANO



pida Tilapia
ALIMENTO DE ALTO VALOR BIOLÓGICO

GRUPO PACA
Acuafin (Edo. Falcón)
Agua Clara (Edo. Portuguesa)
Aguariano (Edo. Anzoátegui)
La Caridad (Edo. Anzoátegui)

LA ACUICULTURA
es una ACTIVIDAD para la PRODUCCIÓN de ALIMENTOS de ALTO VALOR BIOLÓGICO con EXTRACTOS CONTROLES SANITARIOS y AMBIENTALES.

COMA SANO



pida Tilapia
ALIMENTO DE ALTO VALOR BIOLÓGICO

COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS			GRUPO		
VALORES NUTRITIVOS POR 100 GRs. DE ALIMENTO					
	PROTEÍNA	GRASA			
CERDO	180	19,5	12,7	Acuafin (Edo. Falcón)	
JAMÓN COCIDO	480	24,0	33,0	Agua Clara (Edo. Portuguesa)	
CARNE DE RES	135	21,3	3,6	Aguariano (Edo. Anzoátegui)	
POLLO	105	28,0	3,2	La Caridad (Edo. Anzoátegui)	
TILAPIA	106	20,0	2,0		

PACA

www.svacuicultura.org



Alimentos para Acuicultura

VITALIMc.a.
Alimentos Concentrados para Animales

VENEQUIRCA
Importador y proveedor exclusivo de los prestigiosos marcas

acqua & co
Productos líderes en: aireación, oxigenación, desgasificación, circulación, destratificación, depuración de aguas y fondos marinos. Parapá cultivo intensivo de camarones y peces (Tilapia, Trucha, cachama).

OFICINA Y VENTAS MAYOR: Calle Vargas, Edificio Estaban. PB. Bolívar Norte, Caracas - Venezuela
Telf. Mayor: (02) 226.52.12 - 232.23.12 - Fax: (02) 226.52.59 - E-mail: venequirca@empresari.com - veneq@cantv.net

El Mejor Proveedor de todo Acuicultor

- Equipos
- Suministros
- Alimentos
- Químicos

MEGASUPPLY
todo en acuicultura
www.mega-supply.com

8180 NW 36 Street, Suite 205
Miami, FL 33166-0804
tel: Fax: 784.221.5540
e-mail: sales@mega-supply.com

Calidad, Buen Precio y Rapidez

Aquarium de Valencia
- J. V. Seljas

Horario de Visitas:
Martes a Viernes: (9:00 a.m. a 5:00 p.m.)
Sábados, Domingos y Feriados: (10:00 a.m. a 6:00 p.m.)

Horarios de Show:
Martes a Viernes: (10:00 a.m.; 2:00 p.m.; 4:00 p.m.)
Sábados, Domingos y Feriados: (11:00 a.m.; 1:00 p.m.; 3:00 p.m.; 5:00 p.m.)
Valor de la entrada:
Niños (Hasta 12 años): 1.000 Bs.
Adultos: 1.500 Bs.

Av. Fernando Figueredo - Valencia - Edo. Carabobo
Telfs.: (0241) 8574739 / 8579815

Alimentos para Acuicultura

VITALIMc.a.
Alimentos Concentrados para Animales

La Casa del Biagre

- Asesoría técnica en producción y laboratorios de reproducción de Cachama, Tilapia, Biagre y Langostinos.
- Semilla de Cachama, Biagre, Tilapia, Coporo, Langostino. Peces ornamentales.
- Equipos y materiales para acuicultura.

Av. Cedeño C.C. P.O. Box Sandoa #4 - Valencia - Venezuela
Tel: +58 0241 8837392 - 8252707 - Movil: +58 0416 6416962
E-mail: acuicultura@telcel.net.ve
<http://www.geofitcos.com/urocha/gold/6346>

IMÁGENES DE PORTADA Y CONTRAPORTADA
Portadas y contraportadas de la primera etapa de la Revista "El Acuicultor"

@svacuicultura

Sociedad Venezolana de Acuicultura