



EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA **SVA**

**PRODUCCIÓN DE CAMARÓN MARINO
INTEGRADO CON TILAPIA A ALTAS
DENSIDADES Y EN UN SISTEMA
BIOFLOC: ELEGIR LA MEJOR
CONFIGURACIÓN ESPACIAL**
PÁGINA 12

**MÁS ALLÁ DEL LABORATORIO. MANEJO
DE POSTLARVAS PARA UNA PRODUCCIÓN
EXITOSA EN ESTANQUES DE CAMARONES**
PÁGINA 30

**UNA VISIÓN ACTUAL DE LA
CAMARONICULTURA EN
CENTROAMÉRICA**
PÁGINA 40

ABRIL 2023 | VOL. 3 | NÚMERO 2

EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA SVA

JUNTA DIRECTIVA

PRESIDENTE
Eduardo Castillo

VICEPRESIDENTE
Héctor Rincón

SECRETARIO
Alex Guevara

TESORERO
José Patti

VOCALES
Abraham Mora
Daniel Arana
Víctor Blanco
Raúl de la Fuente

SUPLENTE
José Curiel
Eugenio García
Mario Aguirre

DIRECTOR EJECUTIVO
Arnaldo Figueredo

DIRECTORA OPERACIONES
Marcia Guevara



¡COMPROMETIDOS CON EL
DESARROLLO ACUÍCOLA DE LA REGIÓN!

GRACIAS A NUESTROS PATROCINANTES



CONTACTO

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

@svacuicultura

Sociedad Venezolana de Acuicultura

CONTENIDO

ABRIL 2023 | VOL. 3 | NÚMERO 2

Pág. / Contenido

4. Nota del Editor

5. Cultivo de camarón en la India. Medidas para impulsar la saga del éxito

09. La Organización Mundial de la Sanidad Animal y su grupo AD HOC sobre susceptibilidad de crustáceos a las enfermedades enlistadas

12. Producción de camarón marino integrado con la tilapia a altas densidades y en un sistema Biofloc: Elegir la mejor configuración espacial

18. Sistemas de recirculación en acuicultura - RAS

26. Los principales factores que afectan el rendimiento del crecimiento de *Oreochromis niloticus* L., (1758) en el sistema de acuicultura

30. Más allá del laboratorio. Manejo de postlarvas para una producción exitosa en estanques de camarones

35. La acuaponía y los desafíos alimentarios mundiales

40. Una visión actual de la Camaronicultura en Centroamérica

44. Aves piscívoras como vectores de patógenos de peces:

50. Algunos comentarios sobre la alguicultura en la laguna de punta de piedras, isla de margarita, venezuela

55. Algunas notas sobre los pepinos de mar

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





Hagamos
acuicultura
juntos

MEGASUPPLY



FROZEN OCEAN™

Solo lo bueno del mar.

 Esterilizado por Irradiación Gamma

100% natural



COPEPODOS

Reemplaza hasta el 100% de quistes de artemia a un 30% del costo.



POLIQUETOS

Incrementa la fertilidad de los reproductores y la producción de nauplios..



BIOMASA DE ARTEMIA

Alta disponibilidad de nutrientes que promueve el crecimiento y supervivencia del animal.

EDITORIAL

CULTIVOS EMERGENTES

Desde que inició la Acuicultura como actividad productiva en Venezuela, siempre ha predominado un rubro en particular sobre todos los demás. La trucha dominó en un principio, posteriormente fue la cachama, por un brevísimo lapso, para luego darle paso al camarón blanco, el cual se mantiene como líder hasta nuestros días. Si bien a mediados de los noventa del siglo pasado se notó cierta diversificación, la misma fue siempre a nivel experimental, sin ningún impacto en las estadísticas ni presencia duradera.

Tal diversificación es importante para procurar la solidez del sector acuícola. Ya hemos visto la fragilidad de un sector monoprodutor cuando es golpeado por alguna amenaza externa, como lo fue el brote de virus de Taura que experimentamos a finales de 2004, cuyos efectos aún padece el sector camaronero. Aunque tales amenazas no existieran, es importante que se fortalezcan otras alternativas productivas y que surjan nuevos rubros que aumenten la cartera acuícola venezolana, consolidando el aporte de la acuicultura desde un punto de vista social y económico.

En tal sentido, la visión de rubros emergentes en la esfera productiva nacional resulta esperanzadora. Más allá de valiosas experiencias de investigación que esporádicamente se realizan, es realmente muy positivo que podamos referir el surgimiento de iniciativas comerciales de rubros acuícolas no tradicionales.

El primer paso lo ha dado el rubro macroalgas. Aunque se produjo en el pasado, no ha sido sino hasta hace tres años que se concreta un impulso productivo verdaderamente sostenido. Ya hay tres empresas operativas dentro de este rubro, nuestras aliadas TIDE, REVOLUTION SEAWEED y BIORMA, las cuales están no solo cultivando, sino exportando algas marinas. Incluso dentro del rubro se nota una diversificación, cuando se hacen esfuerzos para la adición de valor agregado, generando diversos productos con un potencial enorme. En breve les estaremos contando más al respecto.

Otro avance importante lo protagoniza uno de nuestros noveles miembros, FUNDEMAR. Esta empresa se orienta a la consolidación del cultivo de dos rubros no tradicionales, los caballitos de mar y los pepinos de mar. Con relación a los caballitos de mar, ha habido numerosas experiencias de cultivo experimental, siendo esta la primera comercial a escala masiva. El cuento con los pepinos es otro. El libro está empezando a escribirse. El reto que tiene por delante nuestro aliado es enorme, pero apostamos a su voluntad y al talento de su equipo humano.

Pero son numerosos los rubros que pueden emerger dados nuestra rica biodiversidad como espacios aptos para hacer Acuicultura y capital humano. Mucha falta que nos hace.

Las autoridades acuícolas tienen un papel muy relevante en la consolidación de estas iniciativas no tradicionales. Hace falta trascender el discurso. Tomar medidas concretas de apoyo al sector. Agilización de trámites. Retiro de obstáculos. Que los emprendedores que se arriesgan por este difícil sendero no se frusten y desistan de sus buenas intenciones. De lo contrario, seguiremos siendo el país de las inmensas potencialidades que nunca se concretan.

Desde la SVA queremos transmitir un espaldarazo a todos esos emprendedores que han abrazado los cultivos emergentes. Estamos con Uds. Apostamos a su éxito.



Eduardo Castillo

Presidente de la Sociedad Venezolana de Acuicultura

CULTIVO DE CAMARÓN EN LA INDIA. MEDIDAS PARA IMPULSAR LA SAGA DEL ÉXITO

Dr. Manoj M. Sharma
Mayank Acuicultura Pvt Ltd.



El cultivo de camarón en la India ha experimentado un inmenso crecimiento desde sus inicios, lo que ha convertido a la India en uno de los mayores productores y exportadores de camarón del mundo. Las exportaciones de camarón de la India están valoradas en más de USD 5 mil millones y, como fuente de divisas, ha transformado la vida de innumerables personas, especialmente en las comunidades rurales y pescadores de nuestro país. El desarrollo del cultivo de camarón también ha brindado inmensas oportunidades de empleo a la población rural y costera, mejorando su estatus socioeconómico y

proporcionándoles seguridad alimentaria.

El crecimiento del cultivo de camarón en nuestro país ha promovido la migración inversa y ha facilitado el desarrollo de negocios auxiliares como tiendas de alimentos y bebidas, tiendas de provisiones diversas, de equipos eléctricos, salud, restaurantes, bombas de servicio de combustible, servicios de transporte y muchos otros. Por lo tanto, se puede decir que el desarrollo de la acuicultura del camarón ha cambiado la vida de la población rural y las comunidades costeras a lo largo de toda la costa

india, proporcionándoles medios de vida y una buena calidad de vida.

Para ser específicos, el cultivo de camarón proporciona empleo directo e indirecto a 10 - 15 individuos por hectárea de tierra. Los productores de camarón pueden ser considerados como "Camaroneros - Acuiemprendedores" de nuestro país, proporcionando empleo a millones de personas.

La acuicultura del camarón también ha proporcionado a nuestros jóvenes una opción de carrera alternativa en este mercado laboral altamente competitivo e inseguro. Si lo miramos desde una perspectiva diferente, el 10 por ciento de los USD 5 mil millones de dólares ganados por el país a través de las exportaciones de camarón (USD 500 millones), es la cantidad total de dinero que esta industria ofrece a la comunidad de la clase trabajadora. El cultivo de camarón también ha mejorado la vida de las mujeres en las zonas costeras rurales al darles empleos, especialmente en las plantas de procesamiento de camarón y hacerlas financieramente independientes.

Los logros alcanzados por el sector de la acuicultura del camarón han sido posibles principalmente debido al papel clave de apoyo desempeñado por el gobierno y los organismos reguladores como el Departamento de Pesca, la Junta Nacional de Desarrollo Pesquero (NFDB), la Autoridad de Desarrollo de Exportaciones de Productos Marinos (MPEDA), la Autoridad de Acuicultura Costera (CAA) e instituciones bajo el Consejo Indio de Investigación Agrícola (ICAR). La contribución hecha por MPEDA al desarrollo de la acuicultura del camarón, así como a la promoción de las exportaciones, ha sido fundamental para el crecimiento de la industria. También, la estructura de gobierno de la CAA ha realizado un trabajo encomiable en la creación de un marco que garantiza el funcionamiento adecuado de la industria acuícola del camarón que incluye granjas camaroneras, laboratorios, fábricas de alimentos y otros proveedores de insumos.

Los esquemas recientes introducidos por el gobierno, como el Pradhan Mantri Matsya Sampada Yojana (PMMSY), que es la primera política independiente de la India para el desarrollo de la acuicultura, y el Fondo de Desarrollo de la Infraestructura Pesquera (FIDF) son los pilares de fortaleza para los acuicultores y los actores de la industria que operan en esta lucrativa actividad.

El rápido crecimiento de la India en la acuicultura del camarón es bien conocido en todas las naciones productoras de camarón, que nos han reconocido como uno de los mayores productores de camarón del mundo. Cabe señalar que simplemente hemos arañado la superficie y existe un enorme potencial y alcance para un mayor crecimiento de la industria de la acuicultura del camarón en nuestro país mediante la creación de más infraestructura y la provisión de más oportunidades de empleo para la creciente población.

Sin embargo, hay ciertos factores que requieren nuestra atención y consideración para garantizar que tengamos una base sólida para el futuro de la industria del camarón en la India. Algunos de estos factores clave y enmiendas en las políticas que el país necesita para facilitar la posibilidad de hacer negocios en la industria del camarón se enumeran a continuación.



1. Promoción del mercado interno.

Nuestro país tiene una población de 1.400 millones de habitantes, que sigue creciendo, y la malnutrición entre los sectores más débiles de la sociedad es un problema importante que debe abordarse. Si bien las exportaciones son vitales para crear reservas de divisas, la pandemia de COVID-19 y la crisis económica mundial nos han enseñado que debemos ser autosuficientes para hacer frente a una crisis similar en el futuro. Nuestro honorable Primer Ministro ha enfatizado fuertemente hacer de nuestro país "Aatma Nirbhar" (autosuficiencia india) y con esta visión, debemos tomar seriamente la promoción del consumo interno de camarones, ya que el camarón es un alimento altamente nutritivo, rico en proteínas, grasas saludables y minerales y, si se incluye en la dieta, puede superar los problemas relacionados con la desnutrición.

Si el 50% de la población de nuestro país come alrededor de medio kilo de camarón al año, puede absorber la mitad de la producción total actual de camarón en la India y ayudar a reducir la dependencia de la industria de las exportaciones para su comercialización y, a su vez, salvaguardar esta industria generadora de medios de vida.

Para la promoción nacional de los camarones, el respaldo de celebridades, el apoyo del gobierno en forma de subsidios y esquemas para empresarios que desean vender camarones, establecer restaurantes de mariscos, suministrar productos de valor agregado o negocios de entrega puerta a puerta deben apoyarse de la mejor manera posible, incluso si es junto con otros alimentos no vegetarianos, ya que es más importante presentar los camarones a la comunidad no vegetariana de nuestro país. El aumento del consumo interno salvaguardará a toda la industria camaronera y a sus productores.



2. Considerar la acuicultura a la par con la agricultura y proporcionar una tarifa de energía unificada.

La necesidad de considerar la acuicultura a la par con la agricultura y proporcionar todas las instalaciones y concesiones necesarias proporcionadas al sector agrícola-

la es un tema pendiente desde hace mucho tiempo en la India. Si se considera, puede marcar el comienzo de la Revolución Azul en el sentido real.

Todos los principales bancos e institutos financieros están frenando el apoyo debido a la falta de un estatus adecuado para la acuicultura y para la comunidad de pescadores. La necesidad del momento es también cubrir la acuicultura bajo el paraguas del seguro para apoyar y asegurar a los acuicultores de grandes pérdidas debido a enfermedades y calamidades naturales.

El cultivo de camarón requiere un suministro de electricidad 24 x 7 para garantizar una producción consistente y sin problemas. En el escenario actual, la tarifa de energía específica del estado está trayendo disparidad entre los acuicultores. Esta diferencia está causando un alto costo de producción para los acuicultores en algunas áreas, mientras que el mercado mundial ve el camarón indio como un producto de la India en lugar de los camarones de un estado específico de la India. Se requiere una tarifa de energía unificada para todos los estados para equilibrar el costo de producción y la uniformidad entre los acuicultores.

3. La enmienda al proyecto de ley de la Autoridad de Acuicultura Costera puede cambiar las reglas del juego.

La Autoridad de Acuicultura Costera (CAA) ha realizado un trabajo fenomenal en la regularización de la industria de la acuicultura del camarón. Sin embargo, hay ciertas cosas que pueden agregar en su mandato, como facilitar el proceso de registro, ya que actualmente es un procedimiento extremadamente lento y abiertamente complicado. Este procedimiento involucra a varios funcionarios de varias oficinas gubernamentales en un comité a nivel de distrito que es responsable de aprobar la emisión de registros o licencias a las unidades acuícolas de camarón. Existen dificultades prácticas para reunir al comité y proporcionar aprobaciones a la gran cantidad de granjas. Cuanto más fácil sea el procedimiento, más fácil será para las personas que deseen desarrollar granjas camarone-ras.

Con la mejora de la digitalización en nuestro país, los trámites de registro y renovación, como el registro de la granja y la licencia de la granja, deben realizarse en línea tanto como sea posible. La CAA también debe examinar el requisito especial para las granjas y criaderos y también finalizar el procedimiento de registro para el establecimiento de Centros de Multiplicación de Reproductores (BMC) e incluirlos en la ley de la CAA para facilitar los negocios.

El sector ha crecido de manera sistemática después de la promulgación de la Ley de Acuicultura Costera en 2005, protegiendo al mismo tiempo el medio ambiente costero. Sin embargo, hay ciertas lagunas en la Ley que deben abordarse. El gobierno debería enmendar algunas de las disposiciones de la Ley de Acuicultura Costera de 2005 para garantizar registros rápidos a través de la descentralización, el uso controlado de antibióticos en la acuicultura y resolver las inconsistencias en la Ley. La CAA ha propuesto un proyecto de ley de enmienda al gobierno de la India. Las enmiendas al proyecto de ley deberían abordar estos problemas e impulsar el sector de la acuicultura a nuevas alturas de una manera ecológica.

4. Política unificada de arrendamiento de tierras.

Para cumplir con los motivos de PMMSY Yojana, India debería tener una política nacional unificada de arrendamiento de tierras para la asignación de recursos relacionados con las actividades acuícolas. Esto permitirá a todos los pescadores, empresarios y otras personas interesadas dedicarse a la acuicultura. Además de la política de arrendamiento de tierras para granjas de agua dulce y salobre, se debe crear una política de arrendamiento para el cultivo en jaulas en canales, embalses y otros recursos de aguas abiertas para tener una industria acuícola más diversificada mientras "Más diversa la industria, más diversas las oportunidades de empleo".

La apertura de tales recursos también abrirá oportunidades para el desarrollo de la acuicultura de peces en nuestro país y pronto puede hacer de la India el "Tazón de Alimentos del Mundo" proporcionando "Alimentos y Ganancias para Todos". Gujarat tiene una política de arrendamiento de tierras salobres y de agua muy práctica y bien redactada y también puede ser considerada para su adopción por otros estados costeros de la India. Se pueden redactar políticas de arrendamiento similares

para la acuicultura de agua dulce y salina continental.

En resumen, si los individuos, los acuicultores y las partes interesadas de nuestra nación y el gobierno trabajan juntos, entonces el cultivo de camarón y la acuicultura pueden ser una solución directa a la visión de nuestro país de "duplicar la producción, duplicar las exportaciones y duplicar los ingresos del acuicultor".

El artículo original puede ser leído en la revista *Aquaculture Spectrum*, 2023, Vol. 6, Núm. 1.

Sociedad Venezolana de Acuicultura

PROMOCIONA TU EMPRESA CON LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE ACUICULTURA

Un alimento único en el planeta, para que tus larvas también lo sean.

megafish Nutriendo desde el origen.

SOPORTES #SVA DONDE PUEDES PUBLICITAR

WEBINARS EN VIVO BOLETÍN MENSUAL PÁGINA WEB REVISTA EL ACUICULTOR

LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL Y SU GRUPO *AD HOC* SOBRE SUSCEPTIBILIDAD DE CRUSTÁCEOS A LAS ENFERMEDADES ENLISTADAS

Jorge Cuéllar-Anjel
jocuan@gmail.com

La OIE fue originalmente fundada como Organización Internacional de Epizootias en 1924. Entre sus objetivos primordiales están:

- * Velar por máxima transparencia de la situación zoonosaria en el mundo
- * Recopilar, analizar y difundir la información científica veterinaria
- * Fomentar la solidaridad internacional para el control de las enfermedades animales

Luego, en 2003, conservando la misma abreviatura OIE, cambió de nombre pasando a llamarse Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). Y, recientemente, la sigla OIE cambió por las siglas en inglés de World Organisation for Animal Health (WOAH), siendo éstas las nuevas siglas de la antigua OIE.



Logo inicial de la OIE



Logo en 2003



World Organisation for Animal Health

Founded as OIE

Logo actual

Entre los principales documentos de consulta de la WOAHO para quienes hacemos vida en acuicultura, están el Código Sanitario para los Animales Acuáticos y el Manual de las Pruebas de Diagnóstico para los Animales Acuáticos. Estos protocolos, coloquialmente referidos como el “Código Acuático” y “Manual Acuático”, deben actualizarse periódicamente para adecuarse a las innovaciones tecnológicas y a las nuevas patologías de importancia económica en el mundo. En el Código Acuático se incluye una lista de enfermedades de declaración obligatoria, que constituye una referencia primordial en los 183 países miembros, sobre el conocimiento de la situación sanitaria mundial de los organismos acuáticos. Estos documentos incluyen explicaciones metodológicas de los procesos requeridos y validados para cada enfermedad notificable. Otras informaciones valiosas

que se consideran en el Código Acuático, son aspectos de legislación a nivel de importación y exportación, relativos a riesgos sanitarios entre países, planes de contingencia y susceptibilidad de especies, entre otros.

En febrero de 2015, la WOAHO conformó en París un grupo ad hoc con cinco expertos procedentes de diferentes regiones del mundo, para revisar y actualizar temas del código acuático y del manual acuático con referencia a especies de crustáceos susceptibles a las enfermedades de la lista notificable. Éstos fueron Grant D. Stentiford por Europa y como Coordinador del comité, Temdoun Somsiri por Asia, Mark Crane por Australia, Sophie St-Hilaire por Norteamérica y Jorge Cuéllar-Anjel por Centro y Sudamérica.



Dr. Grant D Stentiford
<https://www.cefas.co.uk/>



Dr. Mark Crane
<https://au.linkedin.com/>



Dr. Sophie St-Hilaire
<https://www.timeshighereducation.com/>



Dra. Temdoun Somsiri
www.enaca.org



Dr. Jorge Cuéllar-Anjel
www.espol.edu.ec

El trabajo consistió en revisar cientos de publicaciones técnicas y científicas, para verificar cuáles crustáceos demostraban susceptibilidad a las enfermedades de declaración obligatoria de la WOA, con base en estudios basados principalmente en técnicas moleculares e histopatología.

La lista notificable de crustáceos está constituida por 10 enfermedades. Adicionalmente, también hay lista de peces, moluscos y anfibios, con sus respectivas enfermedades de declaración obligatoria. Por su parte, el trabajo del grupo *ad hoc* se centró en enfermedades de la lista de crustáceos. De la misma manera, interesaba saber si había algunas especies de estos artrópodos que presentaban susceptibilidad incompleta; por ejemplo, animales en los que la infección fuera detectada por PCR pero que no presentaran signos clínicos. Todo esto fue para buscar, para cada enfermedad, los crustáceos con susceptibilidad real a las enfermedades de la WOA. El espectro de estudio no se limitó solamente a especies de camarones, sino también a otros crustáceos en los que han sido reportadas estas patologías en la literatura internacional.

En ese momento, el trabajo se enfocó en algunas de las 10 enfermedades. Dando continuidad a dichas actividades de 2015, se reactivó nuevamente este grupo *ad hoc* desde inicios de 2023, para revisar la susceptibilidad de crustáceos a otras enfermedades que en aquella oportunidad no se alcanzaron a revisar. De los cinco expertos convocados en aquel entonces, sólo dos continúan como miembros del grupo *ad hoc*, siendo sustituidos los 3 restantes por nuevos miembros debido a diversas situaciones, siendo éstos también expertos en enfermedades de crustáceos. Uno de los nuevos participantes del grupo *ad hoc*, es Kathleen Fisch, quien participa haciendo la labor de secretaria del grupo por parte de la WOA en París. Por mi lado, considero un gran privilegio poder seguir siendo parte de una entidad de esta naturaleza y trascendencia internacional.

El grupo *ad hoc* ya ha tenido varias reuniones, por ahora virtuales, trabajando de manera acordada y mancomunada con la WOA, para apoyar estos estudios que necesita este organismo. Anteriormente, las reuniones eran presenciales en la sede de la WOA en París.

Tenemos programado entre este año y tal vez el año entrante, continuar con la revisión de varias enfermeda-

des que quedaron pendientes hace 8 años, para confirmar una nueva lista de crustáceos susceptibles o con susceptibilidad incompleta frente a las actuales enfermedades de la lista. Una de las que actualmente está siendo estudiada, es la causada por el Virus Iridiscente de los Decápodos genotipo 1 (DIV1 por sus siglas en inglés).

Los criterios sobre susceptibilidad o no de crustáceos a las enfermedades de la lista, son tratadas de forma detallada en el Código Acuático y también se pueden revisar algunas características técnicas de las enfermedades en el Manual Acuático. La vía de acceso en línea para su consulta, es ingresando a la página web <https://www.woah.org/es/inicio/> y accediendo a "Códigos y manuales" en la parte superior. Igualmente, existe un Código Terrestre y un Manual Terrestre en la web de la WOA y han sido escritos y validados también por expertos.

Todos estos documentos están disponibles para el público en general gratuitamente, como ya se mencionó, vía internet e ingresando a la página de la WOA.



El Dr. Jorge Cuéllar-Anjel es Médico Veterinario con una larga trayectoria tanto en trabajo de campo, como de laboratorio y docencia, brindando servicios de asesoría y diagnóstico para empresas camaroneras y haciendo investigación aplicada, ayudando a formar una larga lista de profesionales y generando una copiosa producción literaria especializada en patología, genética, nutrición y toxicología de camarones. La SVA reconoció sus valiosos aportes nombrándole Miembro Honorario en 2021.

PRODUCCIÓN DE CAMARÓN MARINO INTEGRADO CON TILAPIA A ALTAS DENSIDADES Y EN UN SISTEMA BIOFLOC: ELEGIR LA MEJOR CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Equipo editorial de la SVA

Introducción

La producción de camarón aumenta constantemente y el camarón blanco del Pacífico, *Penaeus vannamei*, sigue siendo una de las especies más producidas en el mundo. Esta actividad tiende a intensificarse utilizando tecnologías que permiten la producción en altas densidades de siembra, como el sistema biofloc. La tecnología biofloc (o BFT—Biofloc Technology System) se caracteriza por la producción súper intensiva de organismos acuáticos, la renovación mínima o nula del agua y el ciclo de los nutrientes en el propio tanque por la estimulación de una microbiota que forma agregados microbianos. Además de mantener la calidad del agua en el sistema, ya que el amoníaco es eliminado por bacterias heterótrofas, estos agregados también sirven como alimento para los animales de cultivo. La eliminación de compuestos tóxicos de nitrógeno en el sistema biofloc es la clave del éxito de esta tecnología acuícola.

Una técnica, denominada Acuicultura Multitrófica Integrada (IMTA), ha ido ganando importancia en las últimas décadas debido a la necesidad de impulsar tecnologías amigables con el medio ambiente mientras se mantiene la productividad en los sistemas acuícolas. La IMTA se basa en el concepto de que los residuos, como los alimentos no consumidos, las heces y la excreción metabólica de una especie, son útiles para alimentar a especies de diferentes niveles tróficos en el mismo

entorno de cultivo. Por lo tanto, el acoplamiento de los sistemas biofloc e IMTA podría ser una forma efectiva de lidiar con la acumulación de sólidos suspendidos generados por la rápida formación de biofloc y diversificar la producción aprovechando los beneficios nutricionales de los agregados.

Algunos estudios ya han reportado con éxito la integración de tilapia al cultivo de *P. vannamei* en sistema biofloc, destacando su papel consumiendo el biofloc presente en el sistema y transformando este exceso en biomasa de peces. Sin embargo, no existe un estudio que identifique cuál es la mejor disposición espacial para integrar la tilapia en el sistema. En este artículo se investiga el uso de dos conformaciones espaciales diferentes: tilapia en el mismo tanque que el camarón y tilapia en un tanque separado, para optimizar el cultivo integrado de camarón blanco y tilapia con el fin de obtener un mejor rendimiento zootécnico del camarón y un mayor consumo de sólidos suspendidos totales (TSS) por parte de la tilapia.

Materiales y métodos

Diseño experimental

El experimento consistió en tres tratamientos por triplicado, distribuidos aleatoriamente: MONO—monocultivo de camarones; IMTA ST: tilapia y camarón integrados en

el mismo tanque; IMTA DT: cultivo integrado de tilapia y camarón en diferentes tanques. En todos los tratamientos, la densidad del camarón fue de 204 animales/m³ y la densidad de peces fue de 100 peces/m³. Al comienzo del experimento, el camarón y los peces tenían pesos iniciales de $2,67 \pm 0,17$ g y $7,44 \pm 1,18$ g, respectivamente. Los camarones y los peces se pesaron individualmente antes de ser colocados en las unidades experimentales. Se utilizó un inóculo de biofloc maduro en las unidades experimentales, correspondiente al 20% del volumen del tanque experimental (44 L de inóculo + 176 L de agua de mar). El inóculo se tomó de un cultivo de 60 días de *P. vannamei* y se utilizó la melaza como fuente de carbono en las fases iniciales de cultivo para el control del amoníaco.

Se preparó una mezcla de agua de mar (previamente clorada y neutralizada con ácido ascórbico) y agua dulce para lograr una salinidad de 15 ppt. Doce tanques con 220 L de volumen útil se utilizaron. El agua se aireaba constantemente a través de piedras difusoras para mantener la suspensión del biofloc y la concentración adecuada de oxígeno disuelto. La estabilidad de la temperatura del agua se obtuvo utilizando calentadores con termostatos.

Los animales fueron alimentados dos veces al día (9:00 a.m. y 5:00 p.m.). La alimentación del camarón se realizó siguiendo la metodología descrita para alimentos comerciales que contenían 38% de proteína cruda. Las tilapias fueron alimentadas con un alimento de 36% de proteína. La cantidad de alimento proporcionado a las tilapias se restringió al 1% de la biomasa del tanque con el fin de estimular el consumo de biofloc por parte de los peces. El aporte de nitrógeno se calculó teniendo en cuenta 38% de proteína cruda en el alimento para camarones y 36% en el alimento para peces.

Rendimiento de camarones y peces

El crecimiento del camarón y de los peces se evaluó mediante la realización de biometría semanal y quincenal, respectivamente, utilizando una escala digital con precisión de 0,01 g. En estos casos, la cantidad de alimento proporcionado a los animales se ajustó de acuerdo con el aumento de la biomasa en los tanques. Al final del período experimental, los animales se contaron para la determinación de las tasas de sobrevivencia y crecimiento. Los parámetros analizados fueron: sobrevivencia, peso medio final, biomasa total, tasa de conver-

sión alimenticia (TCA), productividad y tasa de crecimiento específico.

Para los tratamientos IMTA DT e IMTA ST, se calcularon algunos parámetros considerando el sistema integrado por camarones y peces. Los parámetros analizados fueron:

1. Productividad del sistema (Kg/m³): $(F_{sb} + F_{fb}) - (I_{sb} + I_{fb}) / \text{Volumen útil total (m}^3\text{)}$, donde: F_{sb} es la biomasa final del camarón; F_{fb} es la biomasa final de peces; I_{sb} es la biomasa inicial del camarón; I_{fb} es la biomasa inicial de peces; El volumen total considerado en el tratamiento con DT IMTA fue de 0,44 m³ y el volumen total considerado en el tratamiento con ST IMTA fue de 0,22 m³.

2. Tasa de conversión alimenticia (TCR) = $(F_{os} + F_{of}) / (F_{sb} + F_{fb}) - (I_{sb} - I_{fb})$, donde: F_{os} = alimento ofrecido al camarón; F_{of} = Alimento ofrecido a los peces.

3. Biomasa final total (g): Σ biomasa final de camarones y biomasa de los peces.

Calidad del agua

El oxígeno disuelto, la temperatura y el pH se verificaron dos veces al día, después de alimentar a los organismos, con una sonda multiparamétrica y un medidor de pH, respectivamente. La salinidad fue verificada una vez a la semana con un refractómetro óptico.

La turbidez, los sólidos suspendidos totales (TSS) y la alcalinidad se analizaron dos veces por semana. El nitrógeno amoniacal total (TAN) y nitrito (N-NO_2) se midieron diariamente. La fertilización orgánica con melaza ocurrió cuando las concentraciones de nitrógeno amoniacal total (TAN) excedieron 1 mg/L. El nitrato (N-NO_3) y ortofosfato (P-PO_4^{3-}) se midieron una vez por semana. Se agregó agua semanalmente para compensar la evaporación en los tanques. Los parámetros de calidad del agua en los tanques de tratamiento IMTA DT se midieron en ambos tanques y los datos presentados son un promedio de estas mediciones.

Resultados

Calidad del agua

Temperatura media ($>28^\circ\text{C}$), oxígeno disuelto (>6 mg/L), y los valores de pH ($>7,9$) fueron similares en todos los tratamientos. Además, los valores medios de amoníaco,

nitrito, nitrato y ortofosfato no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 1). La alcalinidad media, por otro lado, fue significativamente mayor en el DT IMTA que en los tratamientos IMTA ST y MONO

(Tabla 1). Los valores promedio de TSS y turbidez fueron mayores en el tratamiento MONO y disminuidos en el IMTA DT. El tratamiento con IMTA ST no difirió estadísticamente de los dos últimos (Tabla 1).

	MONO	IMTA DT	IMTA ST
Temperatura °C	29 ± 2 (25,7–31,2)	29 ± 2 (25,7–31,3)	28 ± 2 (25–31,1)
OD (mg/L)	6 ± 0 (5,2–7,3)	7 ± 0 (5,5–7,3)	6 ± 0 (5,2–7,3)
pH	8 ± 0 (7,5–8,0)	8 ± 0 (7,7–8,2)	8 ± 0 (7,5–8,1)
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	125 ± 45 ab (70–255)	150 ± 49 a (60–270)	115 ± 43 b (50–250)
TSS (mg/L)	294 ± 146 a (115–540)	211 ± 79 b (95–340)	247 ± 106 ab (140–455)
Turbidez (NTU)	127 ± 70 (44–244)	110 ± 57 (29–188)	101 ± 50 (34–217)
TAN (mg/L)	0,2 ± 0,3 (0–1,0)	0,1 ± 0,2 (0–0,84)	0,3 ± 0,8 (0–3,57)
NO ₂ -N (mg/L)	0,9 ± 0,5 (0,21–1,89)	1,2 ± 0,7 (0,24–2,73)	1,5 ± 1,6 (0,15–5,25)
NO ₃ -N (mg/L)	31,3 ± 27,6 (6–66)	32,3 ± 33,9 (6–66)	31,5 ± 29,7 (6–75)

Diferentes letras en la misma fila representan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos después de ANOVA unidireccional seguido de la prueba de Tukey. OD (oxígeno disuelto), TSS (sólidos suspendidos totales), TAN (amoníaco total). Entre paréntesis, se representan los valores mínimo y máximo.

Tabla 1. Parámetros de calidad del agua (desviación media ± estándar) de *P. vannamei* y *O. niloticus* durante el experimento en los diferentes tratamientos: MONO, IMTA DT e IMTA ST.

Desempeño del camarón y la tilapia

La sobrevivencia, el peso promedio final, el aumento de peso semanal, la biomasa final y la productividad del camarón fueron mayores en los tratamientos MONO e IMTA DT, sin diferencias significativas entre ellos, y menores en el tratamiento IMTA ST. La TCA del camarón fue menor en los tratamientos MONO e IMTA DT y no presentó diferencias significativas entre estos dos tratamientos. La TCA fue significativamente mayor en el tratamiento con IMTA ST.

Lo contrario se observó para la tilapia. El peso promedio final, el aumento de peso semanal, la biomasa final y la productividad fueron mayores en el tratamiento con IMTA

ST y menores en IMTA DT, mientras que la TCA fue menor en IMTA ST y mayor en el tratamiento con IMTA DT.

Para el sistema en su conjunto (camarón y tilapia juntos), la biomasa final total fue similar en IMTA DT e IMTA ST, con valores significativamente más bajos en el tratamiento MONO. La productividad del sistema fue significativamente mayor en los tratamientos IMTA ST que en los tratamientos Mono e IMTA DT. La TCA, por otro lado, fue mayor en los tratamientos MONO que en IMTA DT e IMTA ST, que no difirieron significativamente entre ellos (Tabla 2).

	MONO	IMTA DT	IMTA ST
Camarón			
Sobrevivencia (%)	98 ± 2 a	96 ± 7 a	79 ± 16 b
Peso medio final (g)	8,1 ± 0,5 a	8,0 ± 0,3 a	5,1 ± 0,8 b
TCA	1,4 ± 0,1 a	1,4 ± 0,1 a	3,1 ± 1,3 b
WWG (g/semana)	1,3 ± 0,1 a	1,3 ± 0,1 a	0,6 ± 0,2 b
Biomasa final (g)	356 ± 23 a	353 ± 15 a	226 ± 38 b
Rendimiento (kg/m³)	1,1 ± 0,2 a	1,1 ± 0,0 a	0,5 ± 0,2 b
Tilapia			
Sobrevivencia (%)	-	92 ± 7	88 ± 0
Peso medio final (g)	-	15,2 ± 1,2 b	27,2 ± 2,4 a
TCA	-	0,6 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 a
WWG (g/semana)	-	2,1 ± 0,3 b	4,7 ± 0,5 a
Biomasa final (g)	-	274 ± 22 b	490 ± 44 a
Rendimiento (kg/m³)	-	0,7 ± 0,1 b	1,6 ± 0,2 a
Camarones + Tilapia			
Uso total de alimento (g)	174,4 ± 12,6 b	214,3 ± 7,7 a	200,6 ± 11,5 ab
Aporte total de nitrógeno (g)	10,6 ± 0,7 b	12,9 ± 0,4 a	12,0 ± 0,7 ab
Aporte total de nitrógeno (g/m³)	48,2 ± 3,5 b	29,27 ± 1,0 a	54,7 ± 3,1 b
Biomasa final total (g)	356,4 ± 22,6 b	627,1 ± 37,9 a	716,1 ± 46,6 a
Rendimiento total (kg/m³)	1,1 ± 0,2 b	1,0 ± 0,0 b	2,0 ± 0,0 a
TCA	1,4 ± 0,1 a	1,0 ± 0,1 b	0,8 ± 0,01 b

Letras diferentes después de valores medios $\pm$ desviación estándar en la misma fila representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos después de ANOVA de una vía seguido de la prueba de Tukey. TCA = Tasa de conversión de alimento, WWG: ganancia de peso semanal. Para los cálculos del sistema se consideró un volumen útil de 0,22 m³ para los Mono y tratamientos IMTA ST y 0,44 m³ para el tratamiento IMTA DT.

Tabla 2. Rendimiento zootécnico (media $\pm$ desviación estándar) de *P. vannamei* y *O. niloticus* durante el experimento en los diferentes tratamientos: MONO (monocultivo de camarón), IMTA DT (tilapia integrada y camarón en el mismo tanque) e IMTA ST (cultivo integrado de tilapia y camarón en diferentes tanques).

En términos de uso de alimento, hubo una mayor entrada de alimento en los tratamientos donde la tilapia estaba presente y una menor entrada en el tratamiento Mono. El mismo patrón se observó para la entrada total de nitrógeno (N) en los estanques. Cuando la entrada N/m³ se calculó, IMTA DT mostró la menor entrada de nitrógeno/m³ y Mono e IMTA ST mostraron la entrada de N/m³ más alta, sin diferencia significativa entre los dos últimos (Tabla 2).

Discusión

Calidad del agua

La integración de la tilapia con el cultivo de *P. vannamei*, ya sea en el mismo estanque o en estanques separados, no afectó los parámetros de calidad del agua para ninguna de las especies cultivadas.

Los compuestos de nitrógeno tampoco sufrieron ninguna variación significativa durante el experimento como resultado del uso de inóculo biofloc. A pesar de la dismi-

nución en el valor medio de TSS, la presencia de tilapia no afectó la comunidad microbiana en el sistema biofloc ya que no hubo diferencia significativa en el valor medio de los compuestos de nitrógeno con la presencia de peces.

Los sólidos suspendidos totales (TSS) y los valores de turbidez se mantuvieron en niveles aceptables para ambas especies. A pesar del mayor aporte de alimento y, consecuentemente, nitrógeno en los tratamientos donde la tilapia estaba presente, los valores promedio de TSS fueron significativamente mayores donde la tilapia no estaba presente, a pesar de que la biomasa producida con la integración camarón + pez fue mayor en estos tratamientos. Es decir, el mayor aporte de nitrógeno no se reflejó en la acumulación de biomasa bacteriana como se esperaba en un sistema biofloc de monocultivo de camarón, lo que sugiere el consumo de sólidos por parte de la tilapia, lo que demuestra un beneficio ecológico.

A pesar de una mayor entrada de alimento en los tratamientos IMTA DT e IMTA ST en comparación con el tratamiento MONO, los niveles de ortofosfato no se vieron afectados por la presencia de los peces; lo que demuestra que la presencia de tilapia en integración con camarón es una alternativa viable para un mayor reciclaje de nutrientes en el sistema de cultivo.

Desempeño de camarón y tilapia

La presencia de tilapia en el sistema integrado con camarón en el mismo estanque afectó negativamente el rendimiento de cría del camarón. Existen algunas teorías para el desempeño de cría favorecido de la tilapia: (1) debido a la alta biomasa (camarón + peces) en el mismo estanque. El crecimiento del camarón depende de la densidad, es decir, cuanto mayor es la densidad de siembra, menor es el peso del individuo; (2) La tilapia puede haber ingerido el alimento para camarones o ingerido los camarones mismos. Esto explica el mejor rendimiento de la tilapia cuando se cultiva en el mismo estanque que el camarón.

El total de sólidos suspendidos fue una fuente de energía posiblemente significativa para la tilapia, ya que la TCA fue de 0,6 en los tratamientos IMTA DT y 0,3 en los tratamientos IMTA ST. En el tratamiento con IMTA ST, se obtuvo la mitad de la TCA, con el doble de crecimiento y productividad de la tilapia en comparación con IMTA DT. Este resultado muestra que si aumentamos la tasa de alimentación de la tilapia cuando crece en tanques separados de los camarones, la tilapia posiblemente seguirá

ejerciendo su papel ecológico en el sistema integrado como consumidor de bioflocs y mostrará tasas de crecimiento más altas, como se ve en el tratamiento IMTA ST. IMTA es el único enfoque práctico de remediación con la perspectiva de generar ingresos mediante la diversificación de la producción, mientras que todos los demás enfoques de biomonitorio generalmente solo representan costos adicionales para el productor. El objetivo es aumentar la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo por unidad de cultivo (y no por especie, como se practica en los monocultivos) recuperando algunos de los nutrientes y energía perdidos en los monocultivos, convirtiéndolos en productos adicionales con valor comercial. El cultivo integrado de camarón blanco y tilapia es una forma de diversificar la producción y mejorar la rentabilidad de la acuicultura. La biomasa final de los tratamientos IMTA DT e IMTA ST duplica la biomasa final del monocultivo de camarón, justificando el uso de IMTA y demostrando que es una alternativa ecológica y económicamente viable. Vale la pena señalar que fue posible aumentar la biomasa total producida en el tratamiento IMTA DT en un 175% sin comprometer la tasa de crecimiento específica y la conversión alimenticia del camarón.

Conclusiones

La tilapia demostró ser eficiente en el consumo y mantenimiento de los niveles de TSS en el sistema integrado con camarones y no afectó la calidad del agua. El rendimiento zootécnico del camarón *P. vannamei* se vio afectado al crecer en el mismo tanque que la tilapia. Por lo tanto, el mejor sistema superintensivo integrado para *P. vannamei* y *O. niloticus* en la proporción de tilapia a camarón de 0.49 es en tanques separados, como se observó en el tratamiento IMTA DT. Se recomienda que bajo las condiciones experimentales probadas, el camarón y los peces se cultiven en tanques separados para que el productor pueda tener dos productos finales para su comercialización al final del ciclo de producción sin afectar negativamente la producción de camarón.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Production of Marine Shrimp Integrated with Tilapia at High Densities and in a Biofloc System: Choosing the Best Spatial Configuration. Escrito por Holanda, M.; Wasielesky, W., Jr.; de Lara, G.R. y Poersch, L.H. publicado originalmente en Fishes, 2022, 7, 283. <https://doi.org/10.3390/fishes7050283>



FROZEN OCEAN™



promegaBiotic f®

mega
feeds

megaa**dditives**

Palintest®



FLO  ERGIA



Hagamos acuicultura juntos 
MEGASUPPLY®



www.megasupply.net

SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN EN ACUICULTURA – RAS

Parte 1 - Particularidades y componentes básicos de los RAS.

Fernando Kubitza

Servicios de Acuicultura Acqua Imagem

Email: fernando@acquaaimagem.com.br



Los RAS (Recirculating Aquaculture Systems) son compactos, operan con altas densidades de población, tratan y reutilizan el agua. Por lo tanto, requieren poco espacio y agua, en comparación con otros sistemas de cultivo tradicionales. Por tanto, pueden posicionarse cerca de los principales centros de consumo, lo que reduce costos de comercialización (transporte, empaque, refrigeración, etc.) y permite una oferta más competitiva y conveniente de productos frescos, incluso pescado vivo, proporcionando un mayor margen de beneficio para el productor. Por ser compactos, permiten un control más eficiente de la temperatura, posibilitando el cultivo de especies tropicales en regiones frías, o al contrario. Los

RAS también permiten el control total de los efluentes, un requisito cada vez más frecuente para la concesión de licencias de cultivos acuícolas. Sin embargo, los RAS dependen mucho del uso de energía, lo que en sí mismo puede inviabilizar el costo de producción. Esto hace que deban estar muy bien planificados y diseñados, empleando alternativas eficientes de aireación, oxigenación, recirculación de agua, calentamiento, remoción de sólidos y filtración biológica que permitan reducir los costos de operación. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio muy cuidadoso de la viabilidad económica del proyecto, basado en un análisis fiel de las posibilidades del mercado.

Requisitos importantes para habilitar RAS

La considerable inversión en infraestructura de producción-tanques, hidráulica, red eléctrica, aireadores, tratamiento de agua y sistema de respaldo de energía - asociada al gran uso de energía eléctrica y la necesidad de contar con personal altamente calificado, hace que el costo de producción en los RAS sea, en general, mayor que en otros sistemas tradicionales de producción. Por supuesto, esto podría cambiar en el futuro, especialmente si hay un cargo por el uso del agua y la apreciación de la tierra. También es un hecho que, en los últimos años, tanto el costo de implementar el RAS como el costo de producir peces en estos sistemas se han reducido considerablemente debido a las mejoras en el diseño, la eficiencia del equipo y el aumento en la escala de producción (unidades productivas de mayor tamaño) y la mayor disponibilidad de profesionales con experiencia real en la operación de estos sistemas. Pero la realidad nos muestra que, en general, los costos de producción son más altos en los RAS. Por lo tanto, para que un RAS sea viable, es importante producir una especie que tenga un alto valor de mercado. En varios países, muchas empresas pioneras en RAS tenían como objetivo atender nichos de mercado que no podían ser atendidos por empresas convencionales, como el comercio de pescado fresco o vivo para restaurantes y mercados étnicos. Otras empresas se dedicaron a la producción de peces ornamentales o incluso alevines y juveniles. Los productos de alto valor agregado mejoran la viabilidad económica de los RAS.

En Internet existe una fuente inagotable de videos con consejos para instalar y operar RAS. Esto provocó que un gran número de personas se aventurara a la piscicultura intensiva en tanques o en estanques elevados. En estos videos solo vemos casos de éxito, pero cuando salimos al campo la situación es diferente. Muchas iniciativas de RAS enfrentan dificultades para producir y en varias de ellas se realizan cambios y ajustes radicales en la infraestructura, en comparación con el proyecto original, y aun así, resulta difícil lograr la producción deseada. Esto muestra claramente que se prestó poca atención a la planificación y diseño de los proyectos. En general, la decisión de invertir se toma después de ver una serie de

videos en Internet y luego de hacer cálculos primarios que determinan el costo de producción y el margen de ganancia en función de los precios puntuales de mercado. Se dedica poca atención y experticia a los cálculos fundamentales para dimensionar el sistema, equipos y estructuras para el tratamiento, aireación y recirculación del agua.



Figura 1 - Sistema RAS pequeño para la producción de peces ornamentales. Estructura con cinco tanques de cultivo, decantador de sólidos de fondo cónico, filtro biológico por escorrentía y reservorio de retorno de agua donde se realiza la aireación y calentamiento del agua.

El consumo diario de alimento, la cantidad diaria de desechos sólidos y amoníaco generado, el consumo de oxígeno, la tasa adecuada de recirculación de agua, entre otros datos fundamentales para el dimensionamiento de un RAS muchas veces ni siquiera son calculados. La mayoría de las fallas con RAS son el resultado de errores o dimensionamiento inadecuado de la estructura y el equipo. Comenzando por los tanques de cultivo, es común observar que no se respeta la relación profundidad/diámetro y los desagües centrales no están dimensionados para una eficiente remoción de sólidos. Estos son errores muy básicos para alguien que está invirtiendo un capital considerable en un RAS.

Cuando vamos a decantadores y filtros biológicos, allí podemos ver mucho ingenio, pero que generalmente no respetan los fundamentos básicos de los RAS como

decantadores que retienen los sólidos en su interior por mucho tiempo, filtros biológicos hechos con grava, arcilla expandida de difícil mantenimiento y limpieza, que invariablemente acaban acumulando materia orgánica y trabajando la mayor parte del tiempo en condiciones anaeróbicas.

Otro aspecto que a menudo se pasa por alto es la capacitación de las personas que operan el sistema. El encargado del día a día debe comprender los fundamentos de funcionamiento de los RAS, y ser capaz de realizar controles y correcciones claves en la calidad del agua, percibir rápidamente cambios en el comportamiento de los animales y realizar el mantenimiento preventivo necesario en la infraestructura y equipamiento. En muchos proyectos no existe tal persona.

Las fallas en los equipos, la ausencia de equipos de

respaldo instalados y listos para funcionar, la ausencia de alarmas e incluso de un generador o alternativas de seguridad para cortes de energía son otras causas que pueden llevar a la falla de un RAS.

Los temas relacionados con la salud son de particular importancia y están íntimamente ligados a las estrategias de planificación y operación del sistema. Los problemas con las enfermedades pueden hacer inviables los cultivos.

La poca importancia que se le da a la evaluación del mercado también tiene su aporte. Un análisis detallado de precios, volúmenes de venta factibles, preferencia en la presentación del producto, logística y costo de entregas, variaciones estacionales de demanda y precios, etc., son de fundamental importancia para tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto.

Requisitos para el éxito de RAS

- Los RAS exigen una alta inversión y pueden tener altos costos de producción. Por ello, antes de empezar a invertir en obras y equipos, es necesario realizar un buen estudio de mercado, elaborar un plan de producción, evaluar la viabilidad económica y realizar un análisis de sensibilidad y riesgo.

- Desplegar bien el RAS y todos sus componentes. Cuente con la ayuda de profesionales experimentados para instalar cada componente del sistema.

- Llevar un registro de los resultados productivos y financieros, pues le serán de utilidad para realizar los ajustes necesarios en la gestión de la empresa.

- Diseñar un proyecto lo más simple y funcional posible, pero siempre pensando en la eficiencia y la seguridad. Evalúe cuidadosamente todos los riesgos posibles. Contar con soluciones para cortes de energía y fallas en los equipos. Dimensionar correctamente los componentes del RAS: tanques, decantadores, filtros biológicos, red hidráulica, bombas, equipos de aireación, estrategia de calentamiento o conservación de temperatura, entre otros.

- Invertir en la formación del equipo operativo. Los empleados deben poder realizar el manejo y el mantenimiento de rutina. También deben comprender los procesos biológicos y mecánicos involucrados en la producción. Cuente con el soporte técnico de un profesional experimentado para ayudar a definir los procedimientos de producción y capacitar al equipo.

- Disponer de un sector aislado para la recepción, observación y preparación de los animales que ingresarán al RAS (sector de cuarentena).

- Foco en la calidad del agua (monitoreo continuo y correcciones) y nutrición de alta calidad. Recuerde que la calidad del alimento tiene un gran impacto en la calidad del agua y en la salud de los animales.

Los componentes de RAS

La Figura 2 ilustra los componentes básicos de un RAS. Los tanques de cultivo suelen ser circulares, lo que facilita la concentración y eliminación de sólidos. Sin embargo, los tanques circulares no permiten un uso muy eficiente del espacio. Así, es común utilizar tanques hexagonales o incluso tanques cuadrados con esquinas redondeadas. Se debe priorizar el movimiento circular

del agua, evitando que la corriente alcance velocidades superiores al límite crítico de los peces. Es importante conocer la velocidad crítica para las especies que se van a cultivar. Como regla general, la velocidad debe ser inferior de 0,5 a 2 veces la longitud del pez. Ejemplo: pez de 20 cm, la velocidad debe estar entre 10 y 40 cm/s.

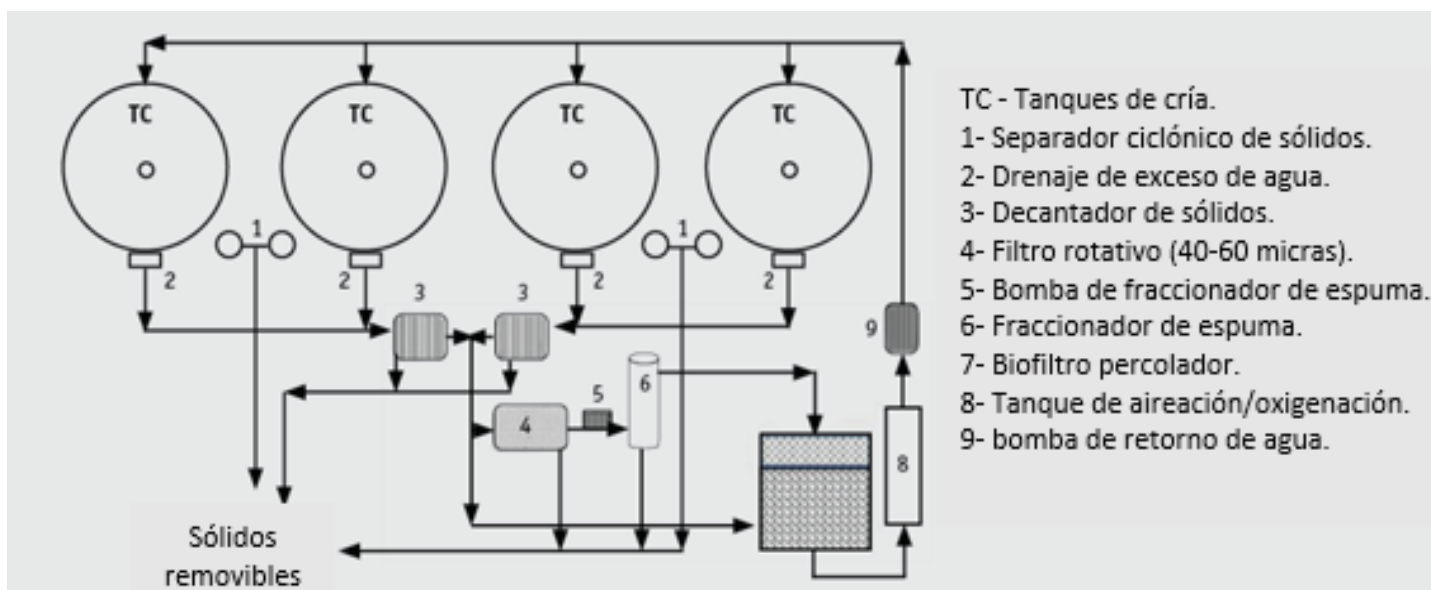


Figura 2 - Ilustración del diseño básico de un RAS.

Es importante mantener una relación entre el diámetro ($\varnothing$) y la profundidad (h) de los tanques de 4 a 6:1. Si el tanque tiene un diámetro grande y es muy poco profundo, puede ser necesaria una mayor velocidad del agua para llevar los sólidos al drenaje central sin decantarlos a mitad de camino. Y ésta altísima velocidad puede crear molestias a los peces. Así, un tanque de $\varnothing = 6$ m debe tener una profundidad entre 1,0 y 1,5. Para un tanque de $\varnothing = 10$ m, la profundidad debe estar entre 1,6 y 2,0 m. Como regla general, la velocidad del agua cerca de las paredes del tanque debe estar entre 15 y 30 cm/segundo. En la práctica, la velocidad se puede medir colocando una naranja en el agua cerca de la pared del tanque y cronometrando el tiempo que la naranja recorre una distancia conocida marcada en el costado del tanque.

Desagüe central: casi nadie presta atención al dimensionamiento correcto del desagüe central. Existen varios modelos de sumideros específicos para RAS que permi-

ten una eficiente eliminación de sólidos y peces muertos. La abertura de drenaje en el fondo del tanque debe tener un diámetro de aproximadamente el 10% del diámetro del tanque (Figura 3). Un tanque de $\varnothing = 10$ m, por ejemplo, debe tener una abertura de drenaje de 1,0 m. El desagüe debe penetrar profundamente en el suelo en forma de cono con una inclinación de 50 a 60° en su pared. Entre el 5 y el 10% del caudal total de agua que pasa por el tanque debe salir por una tubería de menor diámetro en el fondo del cono, llevando los sólidos decantables junto con un volumen mínimo de agua a los decantadores. Los sólidos decantables tienen partículas mayores de 100 micras o 0,1 mm, y se depositan por gravedad en el centro de los tanques y en los decantadores. Del flujo total de agua que pasa a través del tanque de cultivo, el 90 al 95 % se elimina mediante una tubería de mayor calibre en el centro del tanque o mediante un drenaje lateral (en la pared del tanque). Este volumen de agua sale de los sólidos en suspensión (sólidos más pequeños, entre 30 y 100 micras o 0,03 a 0,1 mm), que deben eliminarse con la ayuda de filtros

mecánicos. Cualquier pez muerto también se puede eliminar a través de este tubo más grande o del drenaje lateral.

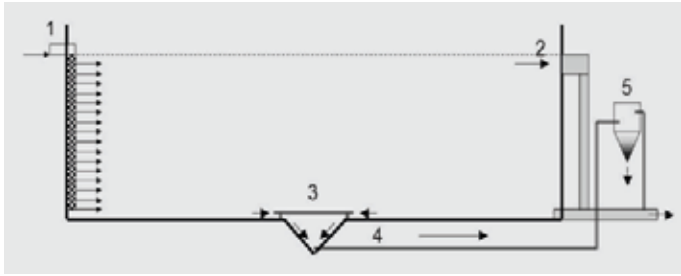


Figura 3 - Detalle del drenaje central y drenaje lateral en un tanque circular, ilustrando un sistema continuo para la remoción de sólidos sedimentables. El agua entra paralela a la pared del depósito (1), favoreciendo la rotación del agua en su interior. El desagüe lateral (2) es responsable de descargar el 90 - 95 % del caudal de agua. En el drenaje central (3) los sólidos decantables se concentran y continúan fluyendo a través de una tubería de menor diámetro (4) que vierte los sólidos en un decantador de fondo cónico (5). Alrededor del 5 al 10% del flujo de agua de un tanque ingresa al decantador con los sólidos. El exceso de agua del decantador junto con el agua que sale por el desagüe lateral va al filtro mecánico.

Tiempo de retención de agua en tanques (TRA): recambio de agua cada 30 a 60 minutos es una práctica común en los RAS. Un depósito con un volumen de 100 m³ puede recibir continuamente un caudal de agua de 100 a 200 m³/hora. Este es un detalle importante para el dimensionamiento de bombas de recirculación, biofiltros, sistema de aireación y tanques de acumulación y aireación de agua.

Decantadores: Los decantadores sirven para concentrar los sólidos decantables que han sido removidos a través del desagüe central, y pueden tener diferentes formas. Pero las formas circulares con fondo cónico son las más adecuadas (ciclones o conos de sedimentación), ya que permiten eliminar continuamente los sólidos concentrados en el fondo (Figura 4), retirándolos lo más rápido posible del contacto con el agua en el sistema. Estos sólidos deben ser enviados a áreas de compostaje o tanques de acumulación para su posterior uso (producción de biogás o fertilizantes). La cantidad de sólidos generados es proporcional a la cantidad de alimentación aplicada al sistema. Se estima que se gene-

ran entre 200 y 300 g de sólidos totales por cada kilogramo de alimento aplicado. De este total, poco más del 50% son interceptados y eliminados del sistema. El resto son partículas sólidas muy pequeñas, que acaban disueltas en el agua. Esta es información importante para dimensionar el tamaño de los tanques de almacenamiento de desechos sólidos que se retiran del sistema.



Figura 4 - Conos de sedimentación de sólidos utilizados en un RAS para la producción de peces marinos (Virginia, EE. UU.).

Tiempo de retención de agua del decantador (TRD): este es un detalle importante al dimensionar el tamaño del decantador. Si el flujo de agua que pasa a través de un decantador es demasiado grande y el decantador es demasiado pequeño, no habrá suficiente tiempo para que los sólidos se asienten en el fondo del decantador. El TRD debe ser de 20 a 30 minutos. Esto significa que el agua que pasa por el decantador debe tardar entre 20 y 30 minutos (1/3 o 1/2 hora) en viajar desde el punto de entrada hasta el punto de salida del decantador. Entonces, para escalar el volumen (en m³) de un decantador, basta dividir el caudal de agua (en m³/h) que debe recibir por 3 o por 2. Por ejemplo, un decantador debe recibir un caudal de agua continuo de 100 m³/hora. Su volumen debe estar entre 100/3 o 100/2, es decir, entre 33 y 50 m³.

Filtros mecánicos: los filtros mecánicos eliminan los sólidos suspendidos en el agua que no se eliminaron en los decantadores. Así, el agua efluente de los decantadores debe pasar por los filtros mecánicos, así como el mayor caudal de agua procedente de los tanques saliendo por el sumidero lateral o por el tubo de mayor calibre en el sumidero central. Hay varios modelos de filtros mecánicos utilizados en RAS. Pero los modelos de tipo Drum (Drum Filters) son los más utilizados. Estos filtros

son auto limpiantes y generalmente operan con mallas de 60 micras o 0,06 mm, lo que permite remover parte de los sólidos en suspensión en el agua (Figura 5). Otra posibilidad es el uso de filtros de arena, como los filtros que se utilizan en las piscinas. Sin embargo, estos filtros de arena tienen algunas desventajas. Los sólidos reteni-

dos permanecen en contacto con el agua del sistema por más tiempo, hasta que se realiza un retro lavado. Y la necesidad de retro lavados muy frecuentes aumenta el volumen de efluentes y el uso de agua, además de requerir tiempo extra de personal y gasto de energía.



Figura 5 - Filtros mecánicos: a) tambor giratorio (Filtro de tambor); b) filtro de arena similar al que se usa en las piscinas; c) filtro de pantalla fija.

Fraccionadores de espuma: Los "skimmers" o fraccionadores de espuma se utilizan para eliminar parte de los sólidos disueltos (partículas menores de 30 micras o 0,3 mm), en particular los micro coloides y la proteína disuelta de la mucosidad del cuerpo de los peces, mucosidad

intestinal y proteína disuelta de heces y alimentos. No todos los RAS tienen skimmers. Pero parte del caudal de agua del RAS, luego de pasar por los decantadores y filtros mecánicos para remover sólidos, puede ser dirigido a los "skimmers", los cuales suelen recibir aireación forzada con difusores de aire (Figura 6). La aplicación de ozono al agua que ingresa a los skimmers ayuda en el proceso de formación de espuma y en la concentración de sólidos disueltos.

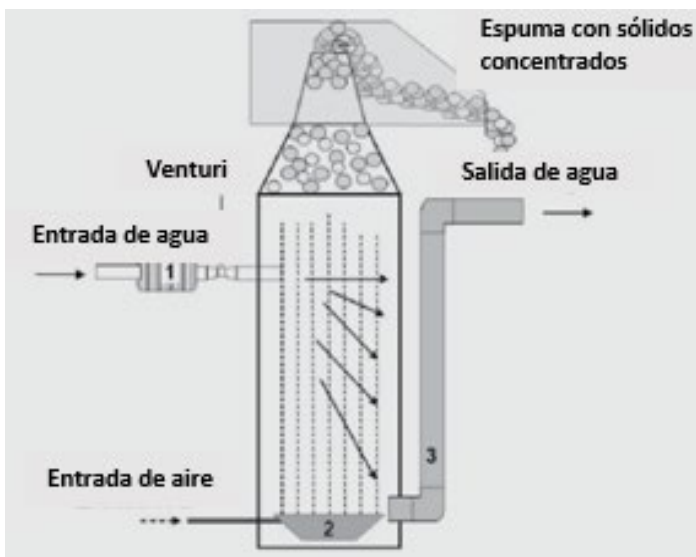


Figura 6 - Representación de un skimmer. La bomba es un venturi (1) que presuriza el agua y permite la incorporación de aire u ozono al agua de entrada al skimmer. Un difusor de aire (2) colocado en la base del skimmer ayuda a aumentar la formación de espuma. En la parte inferior del skimmer, la toma de agua vuelve al sistema (3). En el cono superior se concentra y sale la espuma, que

se suma a otros efluentes concentrados. En parte derecha "skimmer" en un RAS de trucha.

Filtros Biológicos (FB)

- Donde se produce la nitrificación: proceso bacteriano de transformación de amoníaco y nitrito a nitrato.
- Los FB tienen sustratos para la fijación de bacterias nitrificantes.

• Los FB deben tener bajos costos de implementación y operación, y deben tener las siguientes características:

- sustratos livianos, fáciles de limpiar y de bajo costo;
- de tamaño compacto y auto limpiantes;
- eficiente en la oxidación del amoníaco;
- bajo gasto de energía en la operación;
- y bajo costo de implementación y operación.

En los filtros biológicos (o biofiltros) las bacterias oxidan el amoníaco a nitrato. Generalmente, los biofiltros deben diseñarse para recibir todo el caudal de agua que pasa por el RAS, y existen varios modelos de biofiltros que se pueden utilizar. En general, el biofiltro consta de un compartimento (depósito, jaula o cesta, depósito de agua, etc.) que se rellena con un sustrato adecuado para la fijación de bacterias nitrificantes. Los biofiltros deben ser lo más compactos posible, de bajo costo de implementación y eficientes en la oxidación del amoníaco a nitrato. Idealmente, los biofiltros deberían ser auto limpiables o fáciles de limpiar cuando sea necesario. El sustrato utilizado en el biofiltro y la forma en que funciona el biofiltro deberían dificultar la acumulación de materia orgánica/sólidos. Además, el funcionamiento del biofiltro debe exigir un bajo consumo energético. Los filtros de goteo ("trickling filters"), los filtros de partículas plásticas fluidizadas (Figura 7), los filtros de arena fluidizada y los contactores biológicos rotativos son las opciones de filtros biológicos más comunes en los RAS.



Figura 7 - Imágenes de filtros biológicos auto limpiantes que utilizan como sustrato partículas plásticas fluidizadas. Estos filtros disponen de aireación por difusores en su interior.

Aireación/oxigenación del agua: El oxígeno y el dióxido de carbono son dos gases que exigen atención en los RAS y en los sistemas con bioflocs. Los peces y los microorganismos consumen oxígeno constantemente y

agregan dióxido de carbono al sistema. La aireación mecánica en RAS cumple dos funciones esenciales: la reposición del oxígeno consumido y la eliminación del exceso de dióxido de carbono. Después de pasar por el biofiltro, el agua suele ir a un tanque de almacenamiento, donde puede ser aireada u oxigenada, antes de ser bombeada de regreso a los tanques de cultivo. La aireación se suele realizar exponiendo el agua al aire (aireadores mecánicos y bombas de agua) o incorporando aire al agua a través de sopladores y difusores de aire o sistemas venturi. Se debe aprovechar cualquier oportunidad de bajo costo para incorporar aire atmosférico en el agua efluente (drenaje) o afluente (retorno) de los tanques; por ejemplo, utilizando tomas de aire tipo venturi en tuberías presurizadas, generalmente en la entrada de agua en los tanques de cultivo o incluso en la succión de agua por la bomba de filtros mecánicos, biológicos y "skimmers". Los sistemas que utilizan filtros biológicos de escorrentía o contactores biológicos rotativos (CBR) terminan aprovechando el uso de oxígeno atmosférico para satisfacer la demanda de oxígeno de las bacterias del biofiltro, reduciendo significativamente la potencia de aireación requerida en el RAS. También se puede utilizar la oxigenación, con la incorporación de oxígeno gaseoso directamente al agua. Esto requiere equipo especial, como conos de oxigenación (utilizando tomas de aire tipo venturi en tuberías presurizadas, generalmente en la entrada de agua en los tanques de cultivo o incluso en la succión de agua por la bomba de filtros mecánicos, biológicos y "skimmers"). También se puede utilizar la oxigenación, con la incorporación de oxígeno gaseoso directamente al agua. Esto requiere equipo especial, como conos de oxigenación (Figura 8) o tubos en "U", que permiten una eficiente difusión del oxígeno al agua.



Figura 8 - Oxigenación del agua antes de su retorno a los tanques, utilizando conos para incorporar oxígeno al agua.

Tipos de aireadores

– Distribuidores de agua: aireadores de paletas, bombas verticales y bombas aspersoras;

– Inyectores de aire: sopladores y difusores de aire; propulsores de aire (venturi); cabezales de potencia (venturi);

Los aireadores ayudan a hacer circular el agua. La eficiencia de la incorporación de oxígeno depende del tipo y diseño del aireador, entre otros factores.

– Los aireadores de paletas son más eficientes en la incorporación de oxígeno (en kg O₂/KWh) y hacen circular el agua concentrando los sólidos en el desagüe central. No son adecuados para tanques pequeños. Se puede utilizar en tanque de aireación.

– Le siguen en eficiencia los propulsores y las bombas aspersoras. Estos aireadores también ayudan en el movimiento circular del agua en los tanques y están disponibles en unidades de menor eficiencia, 1/3 a 3 hp y pueden ser usados en tanques más pequeños.

– Las bombas verticales forman una especie de fuente. No favorecen la circulación del agua, aunque son tan eficientes en la oxigenación como los propulsores y las bombas aspersoras.

– Los sistemas de aire difuso son menos eficientes en la transmisión de oxígeno por unidad de energía consumida. Son los más adecuados para tanques pequeños. La aireación de aire difuso es ampliamente utilizada en sistemas de aireación, en skimmers y directamente en el biofiltro. Demasiada turbulencia puede resultar en la resuspensión y descomposición de partículas sólidas.

En las próximas ediciones de El Acuicultor continuaremos con una secuencia de artículos complementarios, abordando aspectos fundamentales para el diseño y operación de sistemas de recirculación en acuicultura.

Artículo publicado originalmente en la revista Panorama da Aqüicultura, Volumen 31, Edición 187, de fecha 12 de julio de 2022. **Puede acceder la versión original en:** <https://panoramadaa-aquicultura.com.br/sistemas-de-recirculacao-na-aquicultura-sra/>

zeigler
nutrition through innovation



EZ Artemia Ultra
Dieta Líquida para el Reemplazo de Artemia



LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL CRECIMIENTO DE *OREOCHROMIS NILOTICUS* L., (1758) EN EL SISTEMA DE ACUICULTURA

Equipo editorial de la SVA

Introducción

El pescado ha sido valorado durante mucho tiempo como una fuente de alimento altamente nutritiva para los humanos. El aumento de la capacidad de producción de los recursos acuícolas a través de la intensificación parece ser el camino a seguir para satisfacer la demanda cada vez mayor de pescado, siendo la acuicultura un método alternativo para aumentar la producción de alimentos a un costo razonable, produciendo alimentos diversificados y promoviendo el desarrollo agroindustrial.

La tilapia del Nilo ganó popularidad por primera vez como un pez fácil de criar que podía suministrar proteína animal de alta calidad, de sabor suave y de pocas espinas. Aunque es originaria de África, la tilapia se ha introducido en todo el mundo y su cultivo se está incrementando rápidamente en Asia gracias a su buen crecimiento, facilidad de reproducción, aceptación de una amplia gama de alimentos, alta fecundidad, resistencia a las enfermedades y tolera bien la calidad del agua extrema y los bajos niveles de oxígeno disuelto. La tilapia crece y se reproduce en una amplia gama de condiciones ambientales y tolera el estrés inducido por el manejo. El éxito de los métodos de cultivo aplicados para el cultivo de tilapia depende de varios factores y ciertas condiciones, como la calidad del alimento, la densidad

de población, la variación genética, las condiciones ambientales, la tasa y frecuencia de alimentación. Este artículo revisa y evalúa los principales factores que afectan el crecimiento de *O. niloticus* en el sistema acuícola.

Cultivo de tilapia del Nilo

La producción de tilapia reporta un crecimiento impresionante, después del salmón y el camarón, convirtiéndola en uno de los productos acuícolas más exitosos que ingresan al comercio internacional. Se prefiere la tilapia del Nilo debido a su rápido crecimiento, conversión eficiente de alimentos, alta fecundidad, tolerancia a una amplia gama de condiciones ambientales y buena calidad del producto. La tilapia puede tolerar una gama más amplia de condiciones ambientales como salinidad, oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH y niveles de amoníaco que otros peces de agua dulce cultivados.

Desempeño del crecimiento de la tilapia del Nilo: El crecimiento se puede definir como un cambio en las magnitudes. El cambio puede ser de tamaño (longitud o peso o ambos) y composición corporal. El crecimiento es un proceso biológico complejo afectado por varios facto-

res tales como condiciones fisiológicas, conductuales, nutricionales, genéticas y ambientales. El factor genético (factor autóctono) de los peces, una cantidad suficiente de dietas equilibradas, la tasa y frecuencia de alimentación, la densidad de población y las condiciones ambientales óptimas (factores exógenos) son importantes para lograr el máximo crecimiento de los peces cultivados. La tasa de crecimiento de la tilapia en sistemas de flujo continuo, corrales y estanques puede ser diferente. El cultivo de peces en estanque arroja un peso, aumento de peso diario y contenido de proteína significativamente mayores que los peces en otros sistemas de cultivo.

Eficiencia en la utilización del alimento de la tilapia del Nilo: *O. niloticus* es capaz de utilizar una amplia gama de materiales alimenticios, desde plancton hasta macrófitos, pero crece bien con alimento artificial. Las dietas nutricionalmente bien balanceadas son los requisitos más importantes para el mejor crecimiento de *O. niloticus*.

Factores que afectan el crecimiento de la tilapia del Nilo

Los principales factores en el cultivo de tilapia del Nilo son la composición de nutrientes de la calidad del alimento para peces (composición nutricional), la variación genética, la densidad de población, la tasa de alimentación, la frecuencia de alimentación y la calidad del agua, como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la salinidad y el amoníaco. El monitoreo de los parámetros de calidad de agua y la alimentación con una dieta bien balanceada en los sistemas acuícolas son importantes ya que afectan los procesos fisiológicos de los peces, siendo la nutrición uno de los factores más importantes que influyen en el rendimiento de los peces de cultivo.

El crecimiento de los peces depende en gran medida de la calidad de los alimentos proporcionados. En tilapia ha sido evidente que la tasa de alimentación y la frecuencia de alimentación pueden influir en el rendimiento de la producción. La dieta de los peces debe contener nutrientes y fuentes de energía esenciales para mantener un crecimiento y salud normal.

Densidad de población: La densidad de población se considera otro factor importante que afecta el crecimiento de los peces. La alta densidad de población es una

fuerza potencial de estrés que puede limitar el crecimiento y bienestar de los peces. En general, la densidad de población influye en gran medida en el crecimiento de *O. niloticus* y, por lo tanto, la densidad de población óptima garantiza una acuicultura sostenible que proporciona una utilización adecuada de los alimentos, una producción máxima, un entorno sano y saludable.

Tasa y frecuencia de alimentación: El tipo de alimento, tamaño de la ración y frecuencia de alimentación son varios de los factores que influyen en el crecimiento y la utilización del alimento. La frecuencia de alimentación es importante para garantizar una relación de conversión de alimento y un peso máximo de los organismos cultivados. La frecuencia de alimentación determina una mejor o peor tasa de conversión alimenticia y la ganancia o no de peso del organismo cultivado. También, la frecuencia de alimentación puede afectar el rendimiento del crecimiento, la sobrevivencia y la composición corporal, además que puede conducir al deterioro de la calidad del agua.

El rendimiento del crecimiento por lo general aumenta con una mayor frecuencia de alimentación, por lo que se recomienda una alimentación frecuente para obtener un resultado óptimo en *O. niloticus*.

Composición nutricional de los alimentos: La nutrición adecuada se considera un tema crítico que juega un papel importante en el mantenimiento de la tasa de crecimiento normal, la tasa de sobrevivencia y la salud de los peces. Una buena nutrición puede ayudar a mitigar los efectos del estrés, disminuir la susceptibilidad a las enfermedades y servir como un método principal para estimular el sistema inmunológico. La tilapia exhibe la mejor tasa de crecimiento cuando se alimenta con una dieta balanceada que proporciona una combinación adecuada de proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos. Los requisitos nutricionales de los peces difieren para las diferentes especies y, lo que es más importante, varían con la etapa de la vida. En la etapa temprana, los peces requieren más nutrientes con un alto contenido de proteínas, pero disminuyen a medida que aumenta la edad.

Proteína: La proteína es el componente dietético más costoso que puede representar alrededor del 40-70% del costo total del alimento en la acuicultura. Los peces requieren de aminoácidos esenciales y no esenciales

que componen las proteínas. Los diez aminoácidos enumerados en la Tabla 1 son los aminoácidos esenciales que deben proporcionarse en cantidades adecuadas en la dieta.

Aminoácido esencial	% Inclusión (Fagbenro,2000)	% inclusión (NRC, 2011)
Arginina	4.1	1.2
Histidina	1.5	1
Isoleucina	2.6	1
Leucina	4.3	1.9
Lisina	-	1.6
Metionina	1.3	0.7
Fenilalanina	3.2	1.1
Treonina	3.3	1.1
Triptófano	0.6	0.3
Valina	3	1.5

Tabla 1: Aminoácidos esenciales (EAA) requeridos para *O. niloticus*.

Los reproductores de tilapia requieren un 30-40% de proteína en la dieta para una reproducción óptima, eficiencia de desove, crecimiento y sobrevivencia. Los requerimientos de proteína de la tilapia varían de 40 a 45 % de proteína cruda para reproductores, 40 a 50 % de proteína cruda para alevines y 28 a 32 % de proteína cruda para peces en crecimiento.

Lípidos: Los lípidos son nutrientes esenciales en las dietas de los peces porque liberan aproximadamente 9,4 kcal de energía bruta/g, lo que los convierte en las mejores fuentes de energía en términos de kcal/g en comparación con los carbohidratos (4,1 kcal/g) y las proteínas (5,6 kcal/g). En general, los niveles de lípidos en la dieta sugeridos para las tilapias oscilan entre el 8 % y el 12 %.

Carbohidratos: Los carbohidratos son la fuente de energía más económica disponible en cantidades abundantes a precios bajos y tienen un efecto ahorrador de proteínas en algunas dietas bajas en éstas. Muchos peces parecen ser capaces de utilizar los carbohidratos simples, como los azúcares, de forma más eficaz que los almidones complejos. El almidón, que se encuentra abundantemente en los cereales, se digiere menos que las grasas y las proteínas, a menos que pase por tratamientos que involucren calor y humedad. Los lípidos y, en menor medida, los carbohidratos se pueden utilizar en las dietas de los peces para "ahorrar" proteínas para el

crecimiento.

Variación genética: el rendimiento del crecimiento de la cepa de tilapia se ve afectado por el material genético y varía según la ubicación geográfica. Las diferencias genéticas esperadas entre grupos de peces se han utilizado ampliamente para la selección eficiente de la cepa óptima que podría utilizarse para mejorar los programas de cría y cultivo de peces.

El primer paso del mejoramiento genético es caracterizar las cepas disponibles y posteriormente seleccionar una o más cepas para formar una población base para el mejoramiento genético, y por ende un aumento de la productividad mediante la aplicación de técnicas genéticas. Por lo tanto, la determinación de la variación genética en el desempeño del crecimiento de diferentes cepas de *O. niloticus* es muy importante para el programa de mejoramiento.

Calidad del agua: El rendimiento óptimo de los peces cultivados depende no solo de la provisión de una dieta equilibrada sino también del entorno de cultivo. La buena calidad del agua en el estanque de peces es necesaria para su supervivencia y el crecimiento adecuado de los peces. La calidad del agua en la piscicultura influye en la alimentación, el crecimiento, la carga de enfermedades y las tasas de sobrevivencia. Los parámetros de calidad del agua más importantes que afectan el crecimiento de *O. niloticus* son el oxígeno disuelto, la temperatura, el pH, el amoníaco y la salinidad.

pH: Es un factor importante para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de los peces. El pH del agua es una medida del ion de hidrógeno que causa acidez y alcalinidad en una escala de 0 a 14, siendo 7 el estado neutral. Se recomienda el rango óptimo de 6,5-9,0 de pH para el cultivo de peces en aguas cálidas.

Varios estudios revelaron que *O. niloticus* muestra un mejor rendimiento de crecimiento, utilización de alimentos y tasa de supervivencia con un rango de PH de aproximadamente 6-9.

Oxígeno disuelto: La baja concentración de oxígeno disuelto (OD) se reconoce como una de las principales causas de estrés, falta de apetito, aumento de la tasa de conversión alimenticia, crecimiento lento, susceptibilidad a enfermedades y mortalidad en animales de

acuicultura. En general, concentraciones bajas de oxígeno disuelto en los sistemas acuícolas son de gran preocupación.

La tilapia es altamente tolerante a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, pero el crecimiento óptimo se obtiene a concentraciones superiores a 3 mg/L. El requerimiento mínimo de oxígeno disuelto de las especies de tilapia es de 5 mg/L y si la concentración de oxígeno disuelto disminuye las actividades de respiración y alimentación también disminuyen.

La concentración de oxígeno disuelto en el rango de 6,1 a 8,4 mg/L es adecuada para un rendimiento de crecimiento óptimo y una eficiencia de utilización del alimento de *O. niloticus*. A niveles de oxígeno disuelto entre 3-5 mg/L, se debe reducir la alimentación y se debe detener la alimentación a niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3 mg/L.

Temperatura: De todos los factores abióticos, un cambio en la temperatura ambiente del agua tiene el mayor efecto sobre las propiedades fisiológicas de los peces. El rendimiento del crecimiento y la eficiencia en la utilización del alimento de los juveniles de *O. niloticus* dependen de la temperatura y, por lo tanto, es fundamental seleccionar la temperatura del agua adecuada para una especie de pez específica en un área de cultivo en particular.

El rendimiento del crecimiento, la tasa de sobrevivencia y la composición bioquímica de la tilapia del Nilo se ven afectados por la temperatura y se ha demostrado que el rango térmico de 26-32 °C es adecuado para el cultivo intensivo de tilapia del Nilo en cuanto al rendimiento óptimo del crecimiento y la tasa de sobrevivencia se refiere.

Amoníaco: El amoníaco es un compuesto nitrogenado excretado por los peces a través de las branquias y las heces. Es un factor limitante de la producción en los medios acuícolas que afectan la producción. Las principales consecuencias negativas del amoníaco elevado en el cultivo de tilapia son la fuerte disminución de la tasa de crecimiento corporal, el cambio en los rasgos hematológicos, el aumento del cortisol y la glucosa en la sangre para hacer frente a los efectos tóxicos de este compuesto.

Salinidad: La tasa de crecimiento de *O. niloticus* está muy influenciada por los diferentes niveles de salinidad. La tolerancia a la sal de *O. niloticus* depende de las cepas, el

tamaño y los factores ambientales predominantes. Las tilapias del Nilo se encuentran entre las menos tolerantes a la alta salinidad y normalmente toleran hasta 15 g/L.

El mejor desempeño de *O. niloticus* cultivado en aguas de menor salinidad puede estar relacionado con el costo energético para la regulación iónica, el cual es menor cuando el pez se mantiene en un ambiente isotónico y esta energía puede ser dirigida hacia el crecimiento. Además de la osmorregulación, el efecto de la salinidad del agua sobre el desempeño de *O. niloticus* podría explicarse por su acción sobre las enzimas digestivas, afectando la actividad de estas en los procesos digestivos.

Conclusión y recomendación

La tilapia del Nilo se puede seleccionar como un buen candidato para la acuicultura debido a su alta densidad de siembra, resistencia a enfermedades, ocupa diferentes niveles tróficos, bajo costo de producción, tolera bajos niveles de oxígeno disuelto, se reproduce fácilmente en cautiverio y tolera altas concentraciones de amoníaco.

El rendimiento del crecimiento de la tilapia del Nilo se ve muy afectado por su material genético, la calidad de los alimentos, la densidad de población, la tasa y frecuencia de alimentación y los factores ambientales (calidad del agua).

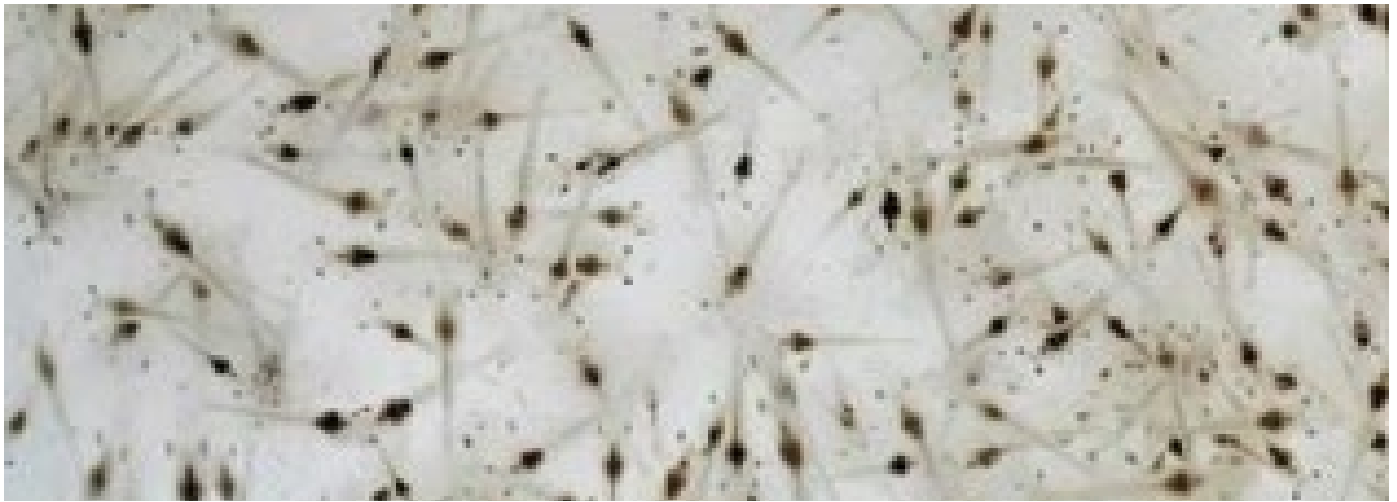
Por lo tanto, aumentar la variación genética de los peces, proporcionar una cantidad suficiente de dietas balanceadas, una buena proporción de tasa y frecuencia de alimentación, una buena densidad de población y condiciones ambientales óptimas son importantes para lograr el máximo crecimiento de los peces cultivados.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "The Main Factors Affecting Growth Performance of *Oreochromis niloticus* L. (1758) in Aquaculture System" escrito por Akalu B; publicado originalmente en Journal of Fisheries & Livestock Production, 2021; Vol 9 (8): 310.

DOI: 10.4172/2332-2608.1000310 <https://www.omicsonline.org/open-access/the-main-factors-affecting-growth-performance-of-oreochromis-niloticus-l-1758-in-aquaculture-system-116958.html>

MÁS ALLÁ DEL LABORATORIO. MANEJO DE POSTLARVAS PARA UNA PRODUCCIÓN EXITOSA EN ESTANQUES DE CAMARONES

Dean M. Akiyama
Asesor acuícola



La calidad de las postlarvas es importante, pero un buen manejo de la granja es vital para el éxito de la producción de los estanques de camarón. Esto se demostró claramente en un extenso análisis de datos de calidad de postlarvas y rendimiento de estanques que se realizó para 9.500 lagunas cosechadas en Indonesia, donde se estimó que las postlarvas tenían solo un 25% de influencia en la producción de los estanques.

Se llevó a cabo el análisis de los estanques que pertenecían a una sola familia de reproductores, donde las larvas provenían de un solo tanque en el laboratorio, y donde todos estos estanques rectangulares, estaban revestidos con HDPE, área entre 2.500-5.000 m², sembrados a 100 PL/m² y con 20-24 hp/ha de aireación provista por aireadores de paletas.

Los parámetros de cosecha en estos estanques se correlacionaron con los de la calidad de las postlarvas. Los parámetros del estanque incluyeron el nivel de producción (Ton/ha), la ganancia diaria promedio de peso (g/día), la tasa de sobrevivencia y la relación de conver-

sión alimenticia. Los parámetros de calidad correspondientes a las larvas incluyeron la tasa de sobrevivencia del tanque, longitud del tallo ocular, tasa de crecimiento, coeficiente de variación (CV) de la longitud, presencia o no de bacterias luminiscentes, recuento total de *Vibrio*, necrosis, proporción de músculos intestinales, cromatóforos y prueba de estrés tanto en el laboratorio como en estanques. Los reproductores y todas las postlarvas (PL 3 y PL 8) dentro de este estudio fueron sometidos a pruebas de PCR para detectar presencia del virus de la necrosis hipotérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV), virus del síndrome de Taura (TSV) y el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV). Todas las postlarvas fueron virus negativas.

La longitud del tallo ocular de las larvas y la tasa de crecimiento se ajustaron a los parámetros de las PL 10, porque se cosecharon en el laboratorio y sembraron en los estanques de producción PL 9-12. El crecimiento como crecimiento diario promedio (ADG) en el laboratorio se calculó como la longitud del pedúnculo ocular dividida por el tiempo total.

Tasa de sobrevivencia

Tan esencial como la tasa de sobrevivencia puede ser para el rendimiento de la producción, nunca podría ser analizada estadísticamente de manera confiable o predicha estadísticamente con precisión. El número real de existencias y el número real cosechado siempre son muy variables como para ser analizados de manera confiable.

La tasa de sobrevivencia del tanque de larvas, el ADG de PL 10, el coeficiente de variación de la longitud del tallo ocular a PL 10 y las bacterias luminiscentes afectaron el rendimiento del estanque, pero no la tasa de sobrevivencia del estanque. Todos los demás parámetros, como las pruebas de estrés, la necrosis, la proporción de músculos intestinales, los cromatóforos, etc., no tuvieron correlación con el rendimiento del estanque en el sistema acuícola estudiado.

Los estándares de calidad "mínimos" de postlarvas cosechadas en el laboratorio se determinaron de la siguiente manera:

- Sobrevivencia 30%.
- Longitud de PL 10 10mm.
- ADG de PL 10 0,4mm.
- CV de longitud 0.10.
- Bacterias luminiscentes negativas.

Estos fueron los requisitos mínimos para todos los parámetros. Los tanques del laboratorio con una tasa de sobrevivencia del 65%, PL 10 de 12 mm, ADG de PL 10 de 0,6mm y CV de >0,6 se observaron rutinariamente y fueron mejores para la producción en estanques. Todos estos estándares, con seguridad, pueden ser mejorados aún más a medida que aumente el conocimiento de manejo de líneas de reproductores genéticamente mejorados.

La influencia relativamente pequeña, del 25%, que se estima que las postlarvas tienen en la producción de los estanques demostró que el éxito de la gestión depende en gran parte del manejo en la granja. A continuación se discuten los pasos que los productores pueden tomar para optimizar el éxito de sus estanques de camarones.

Selección de postlarvas

Los productores siempre deben seleccionar un laboratorio de producción de larvas confiable, que brinde un buen servicio e información honesta. No vale la pena comprar las postlarvas más baratas, ya que a menudo caen por debajo de los estándares de calidad y esto probablemente resulte en una producción inconsistente en el estanque. Los productores deben tener su propio equipo para seleccionar las postlarvas del laboratorio en el momento del empaque y envío. La mayoría de los buenos laboratorios agregan un 10% adicional de postlarvas para cubrir las muertes por manejo y envío.

Parámetro	Valor
Edad de PL (días)	10-12
Largo pedúnculo ocular de PL (mm)	> 10,0
Uniformidad (%CV)	< 10
Sobrevivencia en Laboratorio (%)	> 30
Virus PCR, PL 3-8	Negativo
Bacteria luminiscente	Negativo
Conteo total de <i>Vibrio</i> (UFC)	< 10 ⁴

Tabla 1. Lista de estándares aceptables de calidad de postlarvas a nivel de laboratorio.

Prueba de estrés a la llegada

Para cada envío de postlarvas que ingresan a la granja, es crucial realizar pruebas de estrés. El protocolo recomendado se detalla a continuación:

- Llene tres recipientes de 5L con 2L de agua dulce. Se prefiere el agua embotellada porque siempre tendrá la misma composición y consistencia.
- Añadir directamente 100 PL a cada recipiente.
- Después de una hora, cuente la mortalidad en cada envase. La tasa de sobrevivencia del transporte es el promedio de los tres recipientes.
- Una tasa de sobrevivencia aceptable para la prueba de estrés es de >95%.

Contando postlarvas a la llegada

Se deben contar las postlarvas en cada envío que ingresa a la granja. Para hacer esto, tome muestras aleatorias del camión de reparto y muestree una caja por cada millón de postlarvas recibidas. Antes de contar, coloque las postlarvas en un envase (tina de conteo) y revuelva para recolectar postlarvas moribundas / muertas en el centro. Elimine todas las postlarvas muertas y débiles y cuente solo aquellas que están sanas y activas. Utilice el promedio de las cajas contadas para estimar el número de postlarvas recibidas en la granja.



Tina de conteo de postlarvas, moribundas y/o muertas en el centro.

Aclimatación de postlarvas

La aclimatación adecuada de las postlarvas es crítica para la tasa de sobrevivencia inicial. Es necesario determinar el número de tanques de aclimatación requeridos por estanque: cada tanque de aclimatación de 1.000 L se puede abastecer con 250.000 postlarvas. Coloque el número requerido de tanques de aclimatación en los diques del estanque y siga estos pasos:

- Preparar bomba de aire o soplador con líneas y piedras difusoras para la aireación de los tanques de aclimatación. El oxígeno disuelto (OD) debe mantenerse en un mínimo de 6 ppm.

- Prepare una bomba de agua o cubos para transferir el agua del estanque a los tanques de aclimatación. Agregue el agua lenta y uniformemente durante el tiempo total requerido, estimado para la aclimatación.

- Siembre las postlarvas temprano en la mañana, mientras hace más frío. Si es necesario sembrar en un momento posterior, sombree los tanques de la luz solar directa.

- Llene los tanques de aclimatación aproximadamente un 10% con agua del estanque. Agregue líneas de aire con piedras difusoras a cada tanque para una aireación adecuada. Coloque las bolsas de postlarvas sin abrir en los tanques o estanques durante unos 20-30 minutos para aclimatarse a la temperatura.

- Abra las bolsas y libere las postlarvas en el tanque de aclimatación. Agregue 20 g del alimento desmenuzado de camarones más pequeño a cada tanque.

- Agregue el agua del estanque de manera uniforme y lenta hasta que los tanques estén llenos en el tiempo de aclimatación calculado.

- Verifique la temperatura, el OD, el pH y la salinidad cada 15 minutos para asegurarse que todos los parámetros medidos se ajusten uniformemente al agua del estanque.

Después del tiempo de aclimatación determinado, verifique que todos los parámetros sean los mismos que el agua del estanque. Las postlarvas están listas para ser sembradas en el estanque. El tiempo máximo de aclimatación preferiblemente debe ser de dos horas.

Para la transferencia de postlarvas desde los tanques de aclimatación, se pueden usar grandes mangueras de sifón para drenar las postlarvas en mallas de sobrevivencia o directamente a los estanques.

Si la salinidad del estanque es de 10 ppt, la salinidad debe ajustarse en el laboratorio. Las postlarvas son más sensibles a los ajustes de salinidad por debajo de 10 ppt y muy sensibles a menos de 5 ppt. El ajuste de menos de 5 ppt a 0 ppt requerirá varios días para evitar la mortalidad. El tiempo total de aclimatación requerido estará determinado por el tiempo más largo requerido para los ajustes de pH, temperatura o salinidad.



Bolsas de transporte de post larvas aclimatadas directamente en el estaque en Filipinas. Las bolsas deben permanecer en el estanque un mínimo de 30 minutos antes de ser trasferidas a los propios tanques de aclimatación.



Conjunto de tanques de aclimatación junto a un estanque que se está sembrando, Filipinas. Los tanques de 1.000 L deben abastecerse con 250.000 post larvas.



El agua del estanque se bombea a los tanques de aclimatación. El volumen de agua bombeado se estima para coincidir con el período total de aclimatación.

pH	cada 0,5	15 minutos
Temperatura	cada °C	15 minutos
Salinidad	cada 3 ppt	15 min de 10-30 ppt

Tabla 2. Ejemplo de cronograma de aclimatación.



Estación de aclimatación de postlarvas en Perú. Uso de sifón para drenar los tanques de aclimatación de postlarvas directamente en los estanques.

Mallas de encierro de PL y cajas de sobrevivencia

Los problemas que ocurren durante el embalaje y el transporte a menudo se pasan por alto. Las postlarvas compradas en el laboratorio pueden no tener la calidad esperada, las larvas podrían haberse embalado incorrectamente y/o podrían haber surgido problemas con el tiempo de transporte estimado; estos son algunos factores que pueden degradar la calidad de las postlarvas que se siembran eventualmente en los estanques; por lo que el uso de corrales de siembra y redes de sobrevivencia ayudan a identificar diversos posibles problemas en el momento de la siembra.

Corrales de siembra

Coloque un mínimo de dos corrales, de 2 x 2 m, para 250.000 PL/corral/estanque. Se pueden usar corrales más grandes para contener más postlarvas. Los corrales deben estar hechos de redes de nylon con un tamaño de malla de 1.0 µm.

Coloque la malla a 50 cm sobre el fondo del estanque, con los bordes del corral a 10-20 cm por debajo de la superficie del agua. Conecte las esquinas a un poste

asegurado al fondo del estanque y/o dique. Los lados del corral deben estar debajo de la superficie del agua para permitir que las postlarvas más fuertes naden por encima del corral hacia el estanque. Revise los corrales después de 8-10 horas. Las postlarvas débiles incapaces de nadar fuera del corral y las muertas deben retirarse del estanque y contarse (estimados en peso) para evaluar la sobrevivencia.

El estándar aceptable para la sobrevivencia de PL en los corrales a la hora de la siembra es del 95%. Si las tasas de sobrevivencia son cercanas pero por debajo del estándar, hay que decidir resembrar más postlarvas lo antes posible. Si la tasa de sobrevivencia está por debajo del 70%, el estanque deberá reabastecerse, ya que posiblemente habrá una mortalidad continua durante los próximos 7-10 días.



Corrales de siembra en un estanque, Filipinas.

Cajas de sobrevivencia de PL

Las cajas de sobrevivencia de postlarvas se utilizan cuando se practica la siembra directa de estanques desde los tanques de aclimatación. Las cajas están hechas con un marco de 1m x 1m x 1m con red de nylon de 1.0 μm , se aseguran al puente del estanque y se sumergen al menos 50 cm. Debe haber un mínimo de tres cajas de sobrevivencia por estanque, cada una conteniendo 100 postlarvas y alimentadas con 20 g del alimento molido dos veces al día.

Estas cajas de sobrevivencia deben contarse 7 días después de la siembra para estimar la tasa de sobrevivencia de la misma. La tasa de sobrevivencia viene siendo el promedio de las tres cajas.

El estándar de sobrevivencia aceptable en la caja es del 90%. Si la tasa de sobrevivencia está cerca o un poco por debajo del estándar, se debe decidir si sembrar más

postlarvas lo antes posible. Si la tasa de sobrevivencia es menor del 60%, los estanques deberán resembrarse, ya que puede haber una mortalidad continua durante los próximos 5-7 días.



Ejemplo de una caja de sobrevivencia.

Calidad de agua de siembra en los estanques

Las mediciones de los parámetros de calidad del agua comienzan después de que el estanque está completamente lleno de agua. Los parámetros que deben verificarse son el nivel de agua, la salinidad, OD, pH, temperatura, alcalinidad, transparencia, color del agua, plancton, bicarbonato (HCO_3^-), nitrógeno amoniacal total (TAN), amoníaco (NH_3) y recuento total de Vibrio (TVC). El OD, temperatura, transparencia, color y nivel del agua deben verificarse diariamente, mientras que el plancton, HCO_3^- , TAN, NH_3 y TVC se pueden verificar semanalmente.

Parámetro	Valor
Profundidad (cm)	120 - 130
Transparencia (cm)	50 - 80
Salinidad (ppt)	15 - 30
Oxígeno disuelto (ppm)	5 - 9
pH	7,5 - 8,5
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	28 - 32
Alcalinidad total (ppm)	80 - 150
TAN máximo (ppm)	0,5
NH_3 máximo (ppm)	0,05
Color del agua	Verde/Marrón
Plancton	Algas verdes/Diatomeas
TVC (UFC/mL)	< 2200

Tabla 3. Estándares de calidad del agua para la siembra de postlarvas.

Nota: Artículo publicado originalmente en la revista Aquaculture Asia Pacific, 2022, Volumen 18, Número 2: 8-12.

LA ACUAPONÍA Y LOS DESAFÍOS ALIMENTARIOS MUNDIALES

Equipo editorial de la SVA

Introducción

La producción de alimentos depende de la disponibilidad de recursos, como la tierra, el agua dulce, la energía fósil y nutrientes; sin embargo, el consumo actual o la degradación de estos recursos excede su tasa de regeneración global y para mantener un paradigma equilibrado, se requieren sistemas de cultivo innovadores y más ecológicos.

En este contexto, la acuaponía se ha identificado como un enfoque agrícola/acuícola que, a través del reciclaje de nutrientes y desechos, puede ayudar a abordar los objetivos de desarrollo sostenible, particularmente para regiones áridas o áreas con suelos no cultivables y como una solución para el uso de tierras marginales, para la producción de alimentos más cerca de los mercados (Figura 1). La acuaponía está creciendo rápidamente en la producción a escala industrial, ya que las mejoras técnicas en el diseño y la práctica permiten aumentar significativamente las capacidades y eficiencia de producción. Una de esas áreas de evolución está en el campo de los sistemas acuapónicos acoplados vs. desacoplados. Los diseños tradicionales para sistemas acuapónicos de un solo bucle comprenden unidades de acuicultura e hidroponía entre las cuales recircula el agua. En tales sistemas tradicionales, es necesario hacer concesiones a las condiciones de ambos subsistemas en términos de pH, temperatura y concentraciones de nutrientes. Sin embargo, un sistema acuapónico desacoplado puede reducir la necesidad de compensaciones al separar los componentes, lo que permite optimizar las condiciones de cada subsistema. Los avances en el diseño han hecho de la acuaponía no solo una empresa de ahorro de agua, sino también un sistema eficiente de reciclaje de energía y nutrientes.

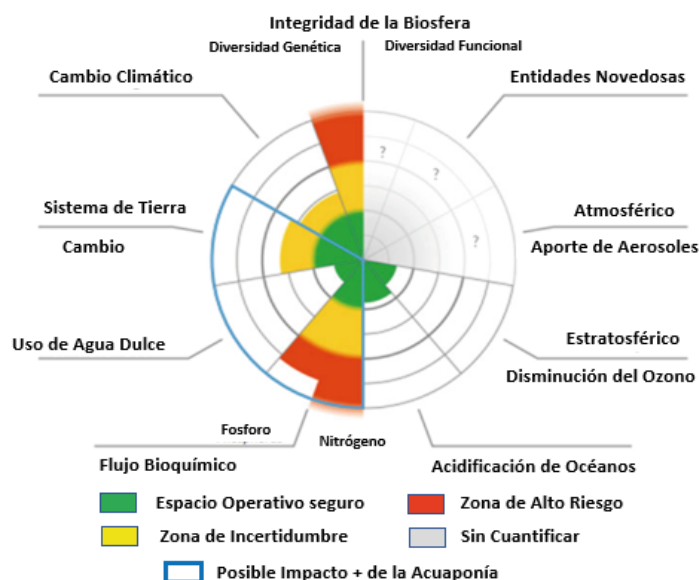


Figura 1. Estado actual de las variables de control para siete límites planetarios. La zona verde es el espacio operativo seguro, el amarillo representa la zona de incertidumbre (riesgo creciente), el rojo es una zona de alto riesgo, y los límites de la zona difusa son aquellos que aún no han sido cuantificados. Las variables delineadas en azul (cambio en el sistema terrestre, uso de agua dulce y flujos bioquímicos) indican los límites en los que la acuaponía puede tener un impacto positivo.

Oferta y demanda

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible enfatiza la necesidad de abordar los desafíos globales, que van desde el cambio climático hasta la pobreza, con la producción sostenible de alimentos como una alta prioridad. Uno de los mayores desafíos que enfrenta el planeta es garantizar que una población mundial en crecimiento pueda satisfacer sus necesidades nutricionales.

Para garantizar la seguridad alimentaria mundial, la producción total de alimentos deberá aumentar en más del 70% en las próximas décadas para cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que incluyen la "erradicación de la pobreza extrema y el hambre" y también "garantizar la sostenibilidad ambiental".

Estudios recientes muestran que las tendencias actuales en las mejoras del rendimiento agrícola no serán suficientes para satisfacer la demanda mundial de alimentos proyectada para 2050, y estos sugieren además que será necesaria una expansión de las áreas agrícolas. Sin embargo, la degradación generalizada de la tierra junto con otros problemas ambientales parece hacer esto imposible. En las últimas tres décadas, la disponibilidad de tierras agrícolas ha ido disminuyendo lentamente. Los efectos de la pérdida de tierras cultivables no pueden remediarse convirtiendo las áreas naturales en tierras de cultivo, ya que esto muy a menudo resulta en erosión y pérdida de hábitat. El arado resulta en la pérdida de la capa superior del suelo a través de la erosión eólica e hídrica, lo que resulta en una reducción de la fertilidad del suelo, un mayor uso de fertilizantes y, finalmente, la degradación de la tierra.

La ambiciosa fecha límite de 2015 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de la OMS para erradicar el hambre y la pobreza, mejorar la salud y garantizar la sostenibilidad ambiental ya ha pasado, y ha quedado claro que proporcionar alimentos nutritivos para la población mundial no es una tarea sencilla. En resumen, los cambios en el clima, la pérdida de tierras y la disminución de la calidad de éstas, las cadenas alimentarias cada vez más complejas, el crecimiento urbano, la contaminación y otras condiciones ambientales adversas dictan que exista una necesidad urgente no solo de encontrar

nuevas formas de cultivar alimentos nutritivos económicamente, sino también de ubicar las instalaciones de producción de alimentos más cerca de los consumidores. El cumplimiento de los ODM requerirá cambios en la práctica, como la reducción de residuos, carbono y huellas ecológicas, y la acuaponía es una de las soluciones que tiene el potencial de cumplir con estos objetivos.

Desafíos científicos y tecnológicos en acuaponía

Si bien la acuaponía se considera una de las tecnologías clave de producción de alimentos que "podría cambiar nuestras vidas", en términos de producción de alimentos sostenible y eficiente, la acuaponía puede racionalizarse y ser aún más eficiente. Uno de los problemas clave en los sistemas acuapónicos convencionales es que los nutrientes en el efluente producido por los peces son diferentes a la solución nutritiva óptima para las plantas. Los sistemas acuapónicos desacoplados (DAPS), que utilizan agua de los peces pero no devuelven el agua a los peces después de las plantas, pueden mejorar los diseños tradicionales mediante la introducción de componentes de mineralización y biorreactores de lodo que contienen microbios que convierten la materia orgánica en formas biodisponibles de minerales clave, especialmente fósforo, magnesio, hierro, manganeso y azufre que son deficientes en efluentes típicos de peces. Los sistemas desacoplados que utilizan digestores de lodos permiten optimizar el reciclaje de desechos orgánicos de peces como nutrientes para el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, los biorreactores son un componente importante que puede convertir lodos inutilizables en fertilizantes hidropónicos o reutilizar desechos orgánicos como tallos y raíces del componente de producción vegetal en biogás para la generación de calor y electricidad.

Aunque los sistemas desacoplados son muy eficaces para recuperar nutrientes, con una pérdida de éstos casi nula, la escala de producción en cada una de las unidades es importante dado que los flujos de nutrientes de una parte del sistema deben coincidir con el potencial de producción posterior de otros componentes.

El control de patógenos es muy importante. Los sistemas de recirculación tienen una serie de ventajas ambientales para la producción de peces, y una de las ventajas de los sistemas acuapónicos desacoplados es la capacidad de

hacer circular el agua entre los componentes y utilizar controles independientes en los que es más fácil detectar, aislar y descontaminar unidades individuales cuando hay amenazas de patógenos. La innovación en acuaponía puede dar lugar a: a) una mayor eficiencia en la utilización del espacio (menos costos y materiales, maximizando el uso de la tierra); b) reducción de los recursos de insumos, por ejemplo, harina de pescado, y reducción de los productos negativos, por ejemplo, vertido de desechos; y c) la reducción del uso de antibióticos y plaguicidas en sistemas autónomos.

Todavía hay varias áreas temáticas acuapónicas que requieren más investigación para explotar todo el potencial de estos sistemas. Desde una perspectiva científica, temas como el ciclo del nitrógeno, la remineralización aeróbica y anaeróbica, la eficiencia del agua y los nutrientes, las dietas optimizadas de los peces, los patógenos de plantas y las estrategias de control son todos de alta prioridad.

En resumen, es necesario abordar los siguientes desafíos científicos y tecnológicos:

1. Nutrientes: Los sistemas que utilizan digestores de lodos permiten optimizar el reciclaje de desechos orgánicos de peces en nutrientes para el crecimiento de las plantas, tales diseños permiten una recuperación optimizada y el reciclaje de nutrientes, todo esto con el objetivo de tener una pérdida de nutrientes cercana a cero en el sistema.

2. Agua: El uso del agua de los invernaderos se puede optimizar para su reutilización con la implementación de condensadores.

3. Energía: Los diseños alimentados por energía solar también mejoran el ahorro de energía, especialmente si el agua precalentada de los calentadores solares en los invernaderos se puede recircular de nuevo a los tanques de peces para su reutilización.

La capacidad de reciclar agua, nutrientes y energía hace que la acuaponía sea una solución potencialmente única para una serie de problemas ambientales que enfrenta la agricultura convencional.

Desafíos económicos y sociales

Desde una perspectiva económica, existen una serie de limitaciones inherentes a los sistemas acuapónicos que hacen que los diseños comerciales específicos sean más o menos viables. Una de las cuestiones clave es que los sistemas hidropónicos y acuícolas son más productivos que los sistemas acuapónicos tradicionales de un solo ciclo, ya que no requieren compensaciones entre los componentes de peces y plantas. La acuaponía tradicional y clásica de un solo ciclo requiere un compromiso entre los componentes de los peces y las plantas cuando se intenta optimizar la calidad del agua y los niveles de nutrientes que difieren inherentemente para las dos partes (por ejemplo, rangos de pH deseados y requisitos y concentraciones de nutrientes).

La optimización de las condiciones de crecimiento de plantas y peces es el mayor desafío para la rentabilidad de los sistemas acuapónicos y los resultados actuales indican que esto se puede lograr mejor en sistemas desacoplados de ciclo múltiple. Los estudios actuales muestran que este tipo de sistemas son más eficientes económicamente en la medida en que éstos no solo reducen el flujo de salida de desechos, sino que también reutilizan lodos que de otro modo serían inutilizables, convirtiéndolos en productos valiosos (por ejemplo, biogás y fertilizantes).

Al considerar los muchos desafíos que enfrenta la acuaponía, los problemas de producción se pueden dividir ampliamente en tres temas específicos: 1) productividad del sistema, 2) cadenas de valor efectivas y 3) gestión eficiente de la cadena de suministro.

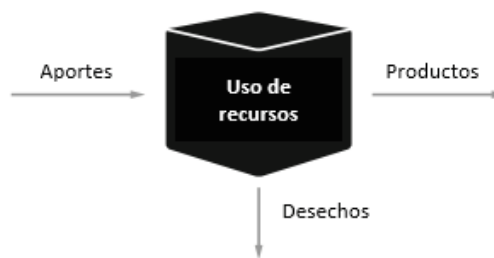


Figura 2. Sistema acuapónico visto como una caja negra. No llegamos a ver dentro de la caja, pero conocemos los aportes, productos y los desechos.

Productividad del sistema

La productividad agrícola se mide como la relación entre la producción agrícola y los insumos agrícolas. Los sistemas acuapónicos tradicionales a pequeña escala se diseñaron principalmente para abordar consideraciones ambientales como la descarga de agua, los aportes de agua y el reciclaje de nutrientes, pero el enfoque en los últimos años se ha desplazado cada vez más hacia la viabilidad económica para aumentar la productividad a gran escala. Sin embargo, esto requerirá la productividad de los sistemas acuapónicos para poder competir económicamente con los sistemas hidropónicos y acuícolas independientes y de última generación. Si se quiere aplicar con éxito el concepto de acuaponía a gran escala, se debe optimizar la reutilización de nutrientes y energía, pero también se deben considerar los mercados finales.

Cadenas de valor efectivas

Las cadenas de valor (valor agregado) de los productos agrícolas surgen principalmente del procesamiento de los productos, como las hortalizas, frutas y pescado cosechados. Evidentemente, los productos frescos son importantes porque los valores nutricionales son en su mayoría más altos que los de los alimentos procesados. Sin embargo, producir productos frescos y de alta calidad es un verdadero desafío y, por lo tanto, un lujo en muchas regiones del mundo. Para los sistemas a gran escala, el procesamiento de alimentos debe considerarse al menos para equilibrar cualquier fluctuación entre la oferta y la demanda y reducir el desperdicio de alimentos. Aunque estos criterios se aplican a todos los productos agrícolas y pesqueros, el valor agregado puede aumentar sustancialmente la rentabilidad de la granja acuapónica, especialmente si los productos pueden llegar a nichos de mercado.

Gestión eficiente de la cadena de suministro

En países con redes de transporte y refrigeración bien desarrolladas, se pueden importar frutas y verduras de todo el mundo para satisfacer las demandas de los consumidores de productos frescos. Una de las principales críticas es, sin embargo, la dependencia de los combustibles fósiles para transportar productos a grandes distancias. Los alimentos se transportan largas distancias, pero las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción de alimentos están dominadas por la fase de producción (es decir, el impacto de la energía para calefacción, refrigeración e iluminación).

El cultivar alimentos frescos localmente podría ayudar a asegurar el suministro de productos de alta calidad para las poblaciones urbanas.

Desde la perspectiva del consumidor, la acuaponía urbana tiene ventajas debido a sus beneficios en cadenas de suministro cortas y la preferencia de los consumidores por alimentos frescos producidos localmente de alta calidad. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, hay una serie de preocupaciones socioeconómicas: el problema principal involucra los precios de las propiedades urbanas, ya que la tierra es cara y a menudo se considera demasiado valiosa para la producción de alimentos.

El futuro de la acuaponía

La tecnología ha permitido que la productividad agrícola crezca exponencialmente en el último siglo, apoyando así también un crecimiento significativo de la población. Sin embargo, estos cambios también socavan potencialmente la capacidad de los ecosistemas para sostener la producción de alimentos, mantener los recursos de agua dulce y bosques y ayudar a regular el clima y la calidad del aire.

Uno de los desafíos más apremiantes en la producción innovadora de alimentos, y por lo tanto en la acuaponía, es abordar los problemas regulatorios que limitan la expansión de las tecnologías integradas. Una amplia gama de agencias diferentes tiene jurisdicción sobre el agua, la salud animal, la protección del medio ambiente y la seguridad alimentaria, y sus regulaciones son en algunos casos contradictorias o inadecuadas para sistemas integrados complejos. Las regulaciones y la legislación son actualmente una de las áreas más confusas para los productores y los posibles empresarios. Los productores e inversores necesitan normas y directrices para obtener permisos, préstamos y exenciones fiscales, pero la confusa superposición de responsabilidades entre las agencias reguladoras pone de relieve la necesidad urgente de una mejor armonización y definiciones coherentes. En la actualidad, las regulaciones de la Unión europea definen la producción tanto para la acuicultura como para la hidroponía, pero no tienen disposiciones para la fusión de los dos. Esta situación a menudo crea una burocracia excesiva para los productores que están obligados a licenciar dos operaciones separadas o cuya legislación nacional no permite el cultivo conjunto.

Los esquemas de certificación de consumidores también siguen siendo un área difícil para los productores de acuaponía en muchas partes del mundo. Por ejemplo, en los Estados Unidos y Australia, los productos acuapónicos pueden certificarse como orgánicos, pero no dentro de la Unión Europea.

La inocuidad de los alimentos es una alta prioridad para obtener apoyo público, y aunque existe un riesgo de patógenos mucho menor en los sistemas cerrados, lo que implica una menor necesidad de antimicrobianos y pesticidas, es una alta prioridad tanto para las autoridades gubernamentales como para los inversores. Es necesario disipar cualquier preocupación restante sobre la inocuidad de los alimentos y la bioseguridad mediante una investigación cuidadosa y, cuando puedan existir preocupaciones, determinar cómo puede ser posible gestionar estos problemas mediante diseños de sistemas mejorados y/o marcos regulatorios.

La acuaponía es una tecnología emergente de producción de alimentos que tiene la capacidad de condensar y comprimir la producción en espacios y lugares que

normalmente no se utilizarían para cultivar alimentos. Los métodos de producción en acuaponía se basan en el conocimiento de una combinación de factores claves adecuados para la enseñanza de materias de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. La acuaponía brinda al docente y al estudiante oportunidades para explorar el ámbito de los sistemas complejos, su diseño y gestión y una serie de otras áreas temáticas, incluidas las ciencias ambientales, la química del agua, la biología y el bienestar animal.

La acuaponía es una tecnología agrícola que avanza rápidamente desde sus primeras hazañas en los últimos años del siglo XX y las primeras décadas del siglo XXI. Pero sigue siendo un "tema emergente de tecnología y ciencia". Al comparar el número de artículos revisados por pares de acuicultura, hidroponía y acuapónica, los artículos acuapónicos son considerablemente más bajos (Figura 3), pero los números están aumentando y continuarán aumentando a medida que aumente la educación acuapónica, especialmente a nivel universitario, y el interés general.

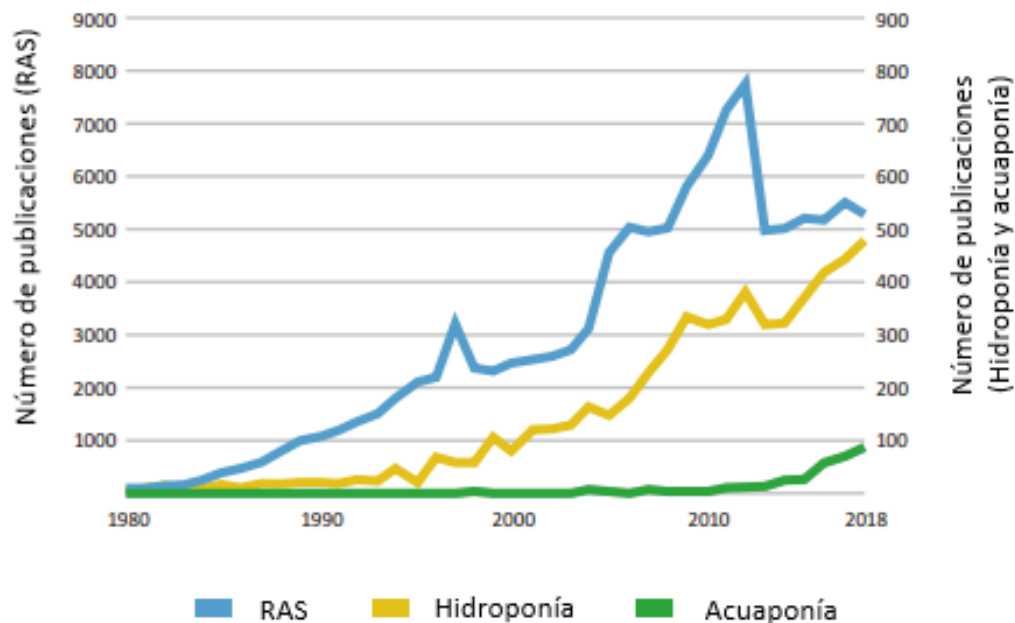


Figura 3. Número de artículos publicados sobre hidroponía, RAS y acuaponía desde 1980 hasta 2018 (los datos se recopilaron de la base de datos Scopus el 30 de enero de 2019). Tenga en cuenta que la escala para RAS es un orden de magnitud mayor que para hidroponía y acuaponía.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del capítulo original "Aquaponics and Global Food Challenges"; escrito por Simon Goddek, Alyssa Joyce, Benz Kotzen, y María Dos-Santos; publicado originalmente en Aquaponics Food Production Systems, 2019, 3-18. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>

UNA VISIÓN ACTUAL DE LA CAMARONICULTURA EN CENTROAMÉRICA

José Luis Aguilar
Servigroup, Choluteca, Honduras

Desde Guatemala hacia Nicaragua, el 2022 no fue un año de los mejores en la región. Hubo un descenso significativo en la producción en relación al 2021, de un 24%, correspondiendo a Guatemala un mayor porcentaje de éste. En esta última nación, sólo el 30% de su capacidad de siembra está en uso actualmente. Los productores están en espera de que la situación mejore sanitariamente ya que el EHP sigue haciendo estragos, empezando a afectar al crecimiento del camarón desde los 6 o 7 gramos y lograr en más de 100 días los 10 gramos para su venta. Algunos productores han optado por importar larvas desde El Salvador, Nicaragua y Honduras, pero ninguna ha podido resistir el embate sanitario.



Piscinas camaroneras en El Paredón, Sicapate, Guatemala.

Uno de los mayores productores de larva y camarón del país, Maya, se encuentra al momento a un tercio de su capacidad de producción. El segundo mayor productor del Pacífico ha hecho esfuerzos tecnológicos y económicos principalmente, en obtener asesoramiento de uno de los desarrolladores del sistema vietnamita de producción hiperintensiva, que recomienda trabajar en un ambiente SPF y reproductores con ese mismo perfil. Han podido incorporar reproductores con los cuales ya están obteniendo nauplios para la larvicultura.

Eso les ha permitido arrancar, en periodo de piloto, este sistema de producción. Por conversaciones sostenidas con personal involucrado, se están obteniendo crecimientos nunca antes vistos y la esperanza de que se pueda alcanzar los niveles de producción ya sabidos.

En El Salvador, al ser un país con el menor hectareaje de la región, la demanda interna ha mantenido aún “rentable” el negocio. Se pueden encontrar precios de entre 2,7 a 3\$ por libra de camarón de un peso de entre 10 a 12 gramos en esta última semana santa, y nivelándose hasta la fecha, se puede encontrar camarón de 20 gr a 3,50\$. La principal larvicultura, Animas, se encuentra en planes de expansión en sus instalaciones y un plan de desarrollo genético general para incrementar su producción en fincas.



Estación de Maricultura Los Cobanos, Acajutla, El Salvador.



Camaronera Las Ánimas, Zacatecoluca, El Salvador.

Cendepesca a la vez está impulsando a que su laboratorio de producción de larvas, brinde al pequeño y mediano productor larva resistente y a precio competitivo. Es política de estado impulsar a la acuicultura como medio sustentable de obtención de proteína para sus ciudadanos. Entre otras medidas que están considerando está bajar la carga impositiva en la importación de alimentos, insumos y equipos para la producción primaria, ya que actualmente todo producto para este sector productivo tiene cargas impositivas del 15% de ISV más tasas arancelarias lo que resta competitividad ante los productores de la región.

En Honduras las maniobras políticas del gobierno, al querer buscar al gigante asiático China continental como aliado estratégico, han dejado a la deriva las aspiraciones de productores y exportadores de continuar la ruta a

Taiwán de venta de un producto “tailor-made” y en el cual la industria hondureña se había especializado, el camarón entero A4. La logística interna desde la cosecha hasta el proceso en planta incurrió en inversión de equipos y materiales de transporte de camarón vivo, que garantizaba esta característica en el producto final, la cual está a punto de quedar abandonada. Taiwán habría preferido, por precio, comprar en Ecuador y Panamá y, por presión del anuncio de la ruptura de relaciones, volvió a retomar la compra de camarón en Honduras, pero la decisión del gobierno ya estaba tomada. En octubre próximo se cerrará este mercado, el cual absorbía un 40% de las exportaciones de camarón del país. Otra arista a considerar en esta crisis es el precio internacional del camarón que en los últimos meses ha estado a la baja, sumado a la crisis financiera mundial que han ralentizado la producción primaria de esta industria.



Laboratorio Rilarvi, Marcovia, Honduras.

Las larviculturas están trabajando al 65% de su capacidad instalada. Dentro de ese percentil operativo, destacan los grupos integrados que han consolidado un nicho en su perfil de comercialización con el mercado europeo, exigentes en calidad, certificaciones de trazabilidad, sostenibilidad y cuidado del medio ambiente. Entre estos grupos están Granjas Marinas/Empacadora San Lorenzo y Seajoy Cooke. Otros actores importantes como Rivermar, con su laboratorio Rilarvi, y fincas Rivermar y GMS, han tomado ventajas en mercados asiáticos con certificaciones ASC que aún les permite tener una excelente operatividad.

Las larviculturas que han proveído a los exportadores con destino final Taiwán, han sufrido indirectamente la

ausencia de compra de camarón, pues un buen porcentaje de ellas han estado trabajando para proveer a este mercado anteriormente comentado. Esto ha implicado la reducción de su capacidad de producción hasta en un 30% en una temporada en la que todos los laboratorios están a su capacidad total y las fincas en periodo de siembra constante.



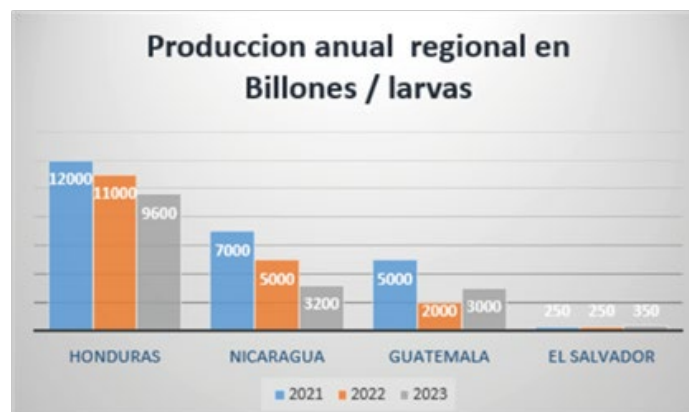
Camaronera Rivermar, Marcovia, Honduras.

En el mes de febrero, en Nicaragua, el ente sanitario IPSA revocó los registros sanitarios y suspendió la autorización para elaboración de alimentos balanceados para camarón de la multinacional Cargill hasta que ésta logre una separación de líneas de producción de sus productos para acuicultura y aviar que les tomará una ingente inversión y tiempo para completarla, lo que ha puesto en jaque a todos los ya golpeados productores locales para el abastecimiento. Esta empresa, al ser nicaragüense, mantenía un precio de venta ajustado a la realidad local. La consecuencia de este retiro es el alza abrupta en el precio de balanceado que implica la importación de alimento de países vecinos como Honduras, Costa Rica y Guatemala, elevando en alrededor de un 15 al 35% solamente en gastos y tasas arancelarias e impuestos al valor agregado lo que ha sido un duro golpe al pequeño y mediano productor, elevando sus costos de producción y disminuyendo su margen aún con buenas producciones. Esto va sumado a que ya las exportaciones a Taiwán finalizaron en el segundo trimestre del 2022, sin preferencias arancelarias al renunciar al TLC. Una estrategia adoptada entre el productor y el exportador fue la de asumir un porcentaje (alrededor del 50%) del costo arancelario en destino, lo que hizo más precaria la comercialización y la venta del producto final, abandonando esta

modalidad por temas de precios internacionales con tendencia a la baja.

Tenemos conocimiento de que los primeros tres contenedores con destino a China continental, desde la abolición del tratado con Taiwán, aún siguen en las instalaciones de un consorcio español en espera de permisos para su zarpe. Se espera que este grupo español tenga otro rumbo de mercado más seguro y rentable con la adquisición del mismo por parte del grupo Cooke Seafoods, consolidando a éste como el mayor productor de la región, amasando para sí 4 larviculturas, 4 maduraciones, 12.000 hectáreas aproximadamente de producción tradicional y 500 hectáreas de producción orgánica. Por ahora se encuentra en estado de *due diligence* (diligencia debida) y se espera que el traspaso total sea a finales del 2023.

En los gráficos no se perfila un buen cierre de año y ya al primer cuarto, el panorama sigue igual que en el último cuarto del 2022. Guatemala centrada en el proceso de recuperación, podría llegar hasta un 50% de lo producido en el 2021 y sus larviculturas seguirán sintiendo el embate de esto con muy poca demanda de larvas.



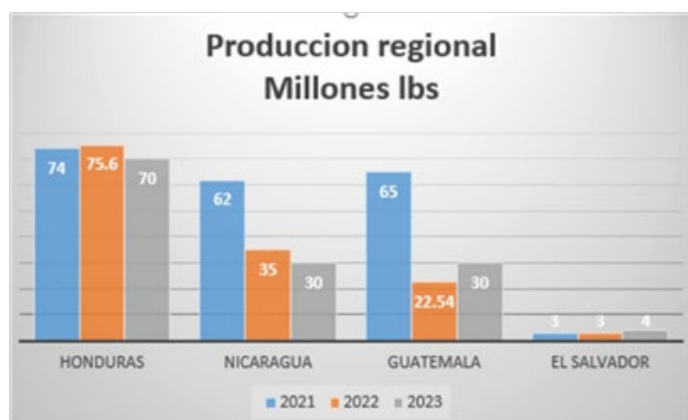
Honduras continúa incierto en dos aspectos. El primero, la amenaza de aprobación de una ley denominada por el gobierno como de "Justicia Tributaria" que afectaría directamente a regímenes especiales de importación, que han sido de ayuda para mantener la industria competitiva en la exportación de camarón. Al abolir las exenciones, el sector productivo amparado en estos regímenes no tendrá ningún tipo de incentivo para crecimiento y atraer fondos frescos de inversores internacionales, lo que amenaza la continuidad del negocio y pone en riesgo de desempleo a una buena parte de la población activa laboralmente. Cabe recalcar que no es solamente

la industria de camarón la afectada, también la de producción de melón, caña, okra, textiles, manufacturadores de alimentos balanceados para camarón, tilapia y aves, entre otros.

Al perderse dichas exenciones, se deberá aplicar ISV o IVA (15%) y otros gastos ocultos por fabricación que el consumidor final (productor) deberá asumir perdiendo más competitividad. El otro aspecto incierto se centra en la tarea de obtener en tiempo récord una parte del pastel chino que todos los mayores productores mundiales ya tienen en sus proyecciones de exportación anual. Es que un tratado de comercio con el gigante asiático presionará a que se maximicen las producciones, lo cual implica inversión al implementar tecnología y operar con costos más bajos, para ofrecer precios tales como ya los mayores competidores mundiales tienen y ofrecen a China. Una de las mayores desventajas en la región son los costos de insumos, balanceado y principalmente el combustible, esencial para activar bombeos y movilizaciones, que, en países como Ecuador, aún, los bajos precios de energía y combustible (gas y diésel) se mantienen debido a subsidios estatales.

aferrando a pocos productores seguros y estables para poder mantener ventas y flujos y así tratar de llegar a los niveles de 2022. Sabemos que esta es una dura época pero que vendrán mejores tiempos. Debemos permanecer juntos en estos periodos de crisis manejando milimétricamente costos y controlando gastos. Es una buena oportunidad para los actores que ofrecen productos eficientes que permitan bajar costos y producir más en un mercado cada vez más competitivo a nivel mundial.

Esperamos que las políticas tomadas por los gobiernos de turno de cada país sean las más acertadas para el buen desarrollo de la camaronicultura y que ofrezcan soluciones ágiles para que este importante renglón de la economía siga derramando riqueza y bienestar a una población que lo que requiere es trabajo seguro y estable.



Nicaragua avanza en sus negociaciones con China, que van por buen camino, pero aún queda el escollo de los precios internos de producción, que han hecho inviable las operaciones de algunos productores.

Todo este escenario regional está afectando en la proyección de crecimiento que se esperaba. Avizoramos a corto plazo una caída de precios de insumos por un stock estacionado que no podrá ser provisto a un mercado activo al 100%, y entre ellos, aquellos que tienen sus bodegas llenas de insumos que tienen cierto tiempo de vida útil que al ver cercano su vencimiento tratarán de reexportarlos o rematarlos. Los suplidores se están

AVES PISCÍVORAS COMO VECTORES DE PATÓGENOS DE PECES:

Daños a la acuicultura, prevención y control.

Natan Wajsbrot

Phibro Aqua



Garza gris.

La dieta de las aves piscívoras se basa principalmente en diferentes especies de peces, complementada ocasionalmente con animales acuáticos como crustáceos y moluscos. Estas aves ejercen su actividad alimenticia alrededor de cuerpos de agua tanto dulces como salinos. Las aves depredadoras pueden causar daños a los peces de forma directa o indirecta. El daño directo ocurre cuando el depredador mata o hiere gravemente al pez, haciéndolo invendible. El daño indirecto es muy variable e incluye lesiones no letales a los peces tales como estrés crónico, alteración de la salud de los animales, conversión de alimento irregular y transferencia de patógenos tales como bacterias, virus y parásitos. A veces, incluso pueden dañar físicamente los recintos de los animales, lo que hace que los peces se escapen.

Las aves que se alimentan en los vertederos de basura, como las gaviotas, pueden recoger y diseminar microor-

ganismos patógenos como salmonelas y coliformes fecales. El aumento de la concentración bacteriana en los embalses se ha correlacionado con el número de gaviotas presentes en ellos. Algunas especies bacterianas aisladas de heces de aves (p. ej., *Edwardsiella tarda*) se han visto implicadas en brotes graves de septicemia y enteritis en salmónidos.



Los cormoranes son aves marinas que se alimentan de peces.

La pérdida del estado "libre de enfermedades" de una granja debido a la introducción de un patógeno exótico por aves depredadoras es muy significativa. El daño general causado por los depredadores aviares a una población de peces de cultivo puede variar mucho y ser muy costoso, dependiendo de diversos factores. El conocimiento adecuado de los efectos negativos de un depredador en fincas acuícolas requiere una evaluación de la biología de la población de aves, el comportamiento de alimentación, la agresión, los movimientos migratorios y medidas efectivas de control de depredadores.

Las siguientes aves piscívoras son de especial importancia por su impacto económico:

Pelícanos: se alimentan principalmente de poblaciones de peces listas para la comercialización. También asaltan los estanques de peces durante la cosecha. Tienen preferencia por peces de hasta 1 kg y la depredación efectiva se lleva a cabo en estanques de hasta 2 m de profundidad.

Cormoranes y garzas (blanca, morada y gris): se alimentan principalmente de peces de menos de 150 g. Las garzas, en particular, se alimentan de peces que se reúnen bajo demanda de comederos o cuando los peces están debilitados por una enfermedad.

Gaviotas: están presentes todo el año. Dañan a los peces picoteándolos en un intento de atraparlos, en particular durante la cosecha. Las gaviotas también picotean a los alevines enfermos.



Pelícano blanco americano.

Los principales problemas de las aves piscívoras en acuicultura son:

1. La depredación. No solo provoca pérdidas directas sino también lesiones graves que se convierten en

portales de infección secundaria por patógenos.

2. La interferencia con la alimentación artificial. Afecta directamente el consumo de alimento y altera indirectamente el proceso de alimentación de los peces, debido a las concentraciones de aves depredadoras alrededor de los lugares de alimentación.

3. La propagación de enfermedades infecciosas. Ocurre comúnmente de un estanque a otro y puede ser bastante rápida.



Tilapia herida por ave piscívora.

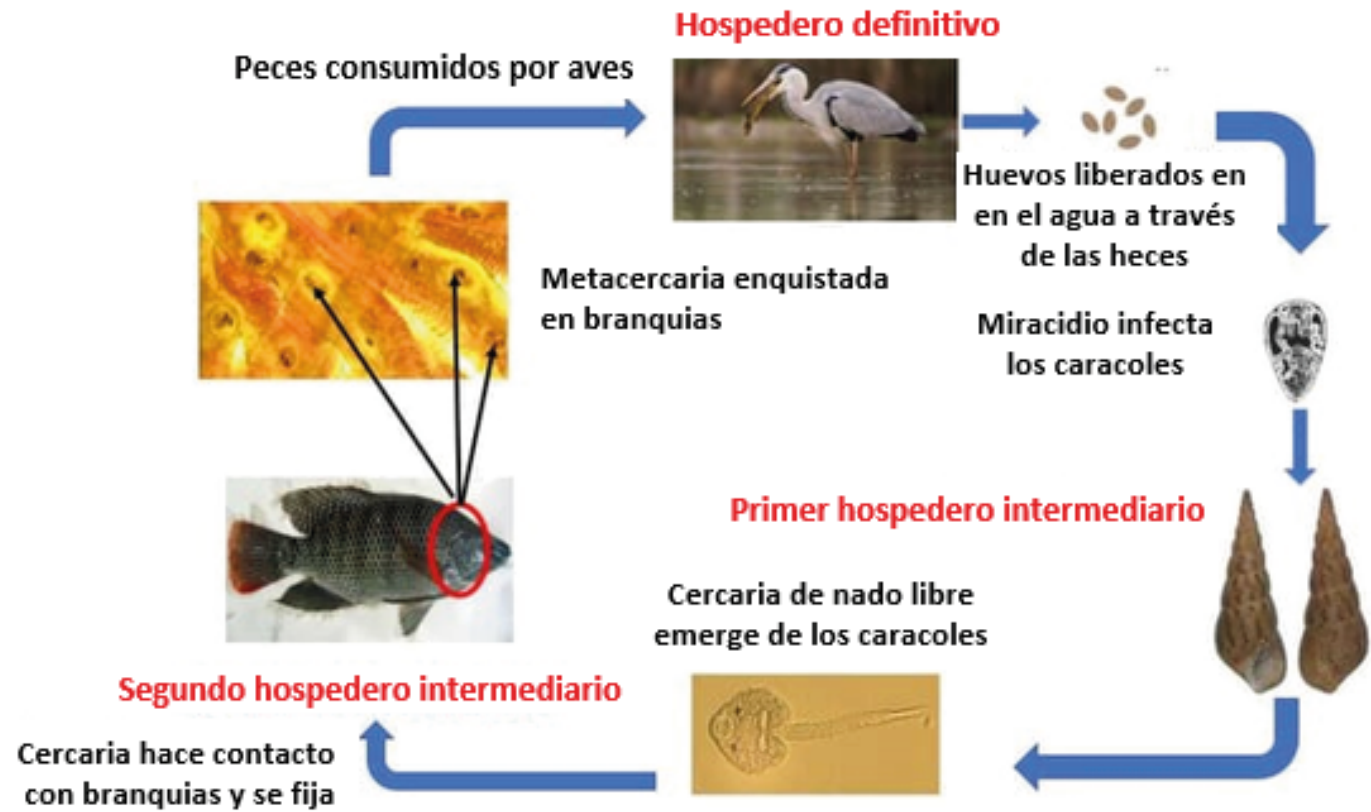
La transferencia de organismos potencialmente patógenos por parte de las aves y la propagación de una población de peces a otra ha sido bien estudiada. Se sabe que los virus, como el que causa la necrosis pancreática infecciosa (IPN), la septicemia hemorrágica viral (HSV) y la viremia de la carpa primaveral (SVC), se han aislado de picos o alimentos regurgitados varias horas después de que las aves se han alimentado de peces infectados.

De particular importancia son las especies de aves acuáticas que sirven como hospederos finales de endoparásitos metazoarios comunes de peces de agua dulce, en particular trematodos (clase: Digenea), tenias (clase: Cestoda) y gusanos redondos (phylum: Nematoda).

Los digeneanos o gusanos digenéticos son una subclase de platelmintos de la clase Trematoda. Son gusanos parásitos con tegumento sincitial, generalmente provistos de dos ventosas, una oral y otra ventral. Los adultos parasitan especialmente el tracto digestivo, pero pueden infestar cualquier órgano de todas las clases de vertebrados, incluidos los humanos.

El ciclo biológico de los tremátodos

Los trematodos digeneanos son gusanos planos heteroxenos (con un ciclo de vida de múltiples hospederos) y requieren un molusco como su primer hospedero intermedio.



Ciclo de vida generalizado de *Centrocestus formosanus* (Trematoda-Digenea).

Los tremátodos de Digenea requieren un molusco como su primer hospedero intermedio antes de infectar a los peces.

La gravedad de la lesión de los peces depende de varios factores.

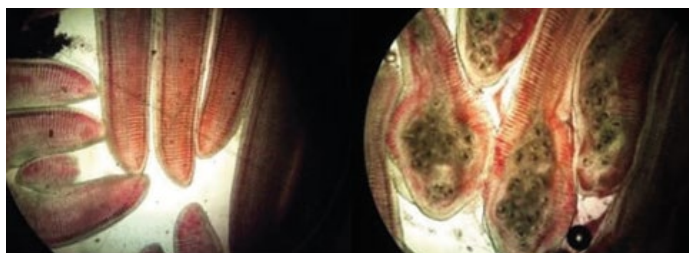
1. Las especies de peces.
2. El tamaño del pez.
3. La gravedad de la infección.
4. La especie del parásito.
5. El órgano o tejido afectado.



Tilapia fuertemente infectada con larvas amarillas (*Clinostomum* sp.).

Centrocestus formosanus (Trematoda – Digenea)

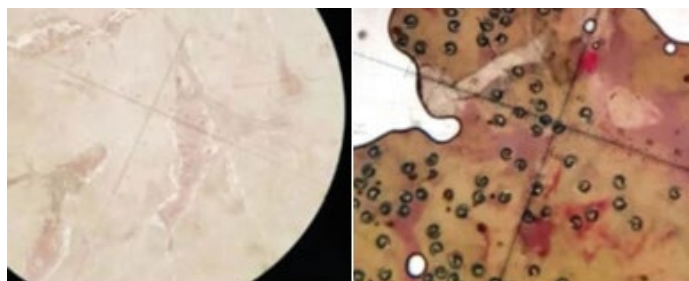
1. Afecta la tasa de crecimiento de los peces.
2. Promueve la proliferación de otros parásitos y bacterias de infección secundaria.
3. Provoca una alta mortalidad en la coinfección con el virus de la tilapia del lago (TiLV).
4. Una caída en los niveles de oxígeno en el agua suele ser suficiente para producir la mortalidad de los peces gravemente infestados por el parásito.



Branquias sanas de tilapia

Presencia de *Centrocestus formosanus* en tilapia

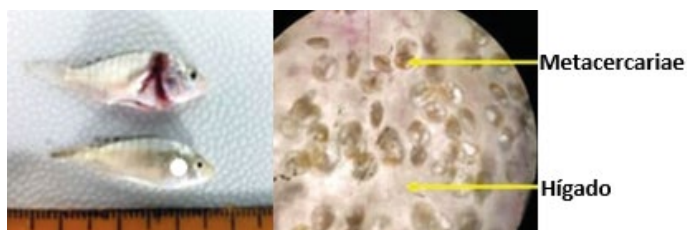
Infestación de gusano branquial en tilapia. Branquias de tilapia normales (izquierda) y branquias con alta infestación de *Centrocestus formosanus* (derecha).



Hígado normal de tilapia

Tilapia infectada con *Trematodo metacercariae*

Metacercarias digeneas no identificadas en hígado de tilapia juvenil.



Metacercariae

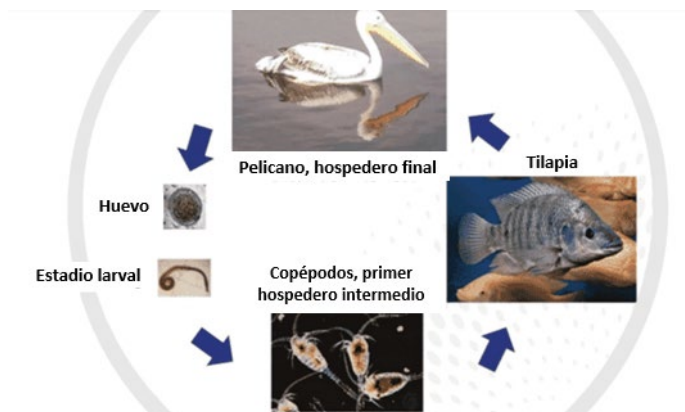
Hígado

Muestras de hígado de una tilapia con una infestación de tremátodos. Quistes digeneanos de Metacercaria no identificados en el hígado de tilapias juveniles (0,4 g).

Nemátodos (gusanos redondos)

Comúnmente conocidos como gusanos redondos, los nemátodos son uno de los filos taxonómicos más grandes en los que se clasifican los invertebrados.

Los nemátodos son un filo de gusanos no segmentados, recubiertos con una cutícula gruesa y que tienen vida libre o parasitaria. *Contracaecum* es un género de nemátodos parásitos. Dentro de ella, los anisakis junto con otras especies son responsables de una severa parasitosis humana provocada por el consumo de pescado crudo.



Ciclo de vida de *Contracaecum multipapillatum*. Los nemátodos son un filo de gusanos no segmentados y varias especies pueden causar parasitosis graves.



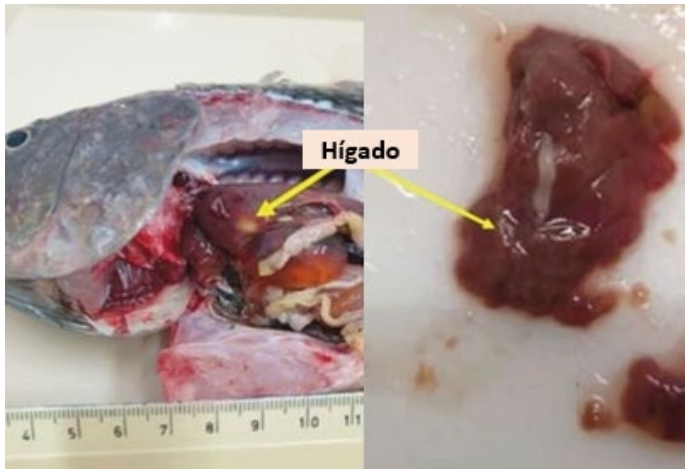
Larva en cavidad pericardial

Branquias

Tilapia con una infección por ascáride. Izquierda: tilapia juvenil infectada con *Contracaecum multipapillatum*, Derecha: tilapia adulta gravemente infectada.

Cestodos - platelmintos

Los Cestoda son una clase de gusanos planos de un filo que consiste en unas 4.000 especies, casi todas ellas parásitas. Tienen ciclos biológicos complejos que involucran a varios hospederos, incluidos los humanos. Son endoparásitos del tracto digestivo de vertebrados y ectoparásitos, con un cuerpo en forma de cinta formado por una serie de segmentos denominados proglótidos. No tienen sistema digestivo.



Infección por cestodos en un hígado de tilapia. Larvas (metacestodos) de *Amirthingamia macracantha* en el hígado de tilapia.

Métodos de prevención para reducir los problemas causados por las aves piscívoras

- **Eliminación.** Disparar a estas aves visitantes no deseadas de los estanques de peces es poco práctico y, a menudo, ilegal, ya que muchas especies de aves silvestres están protegidas por ley en la mayoría de los países occidentales.

- **Dispositivos para ahuyentar pájaros.** Se ha probado una gran cantidad de disuasivos visuales y de audio, a veces combinados, con resultados mixtos. Los disuasivos de audio incluyen ruidos fuertes (disparos, zumbidos, cañones de gas automáticos, fuegos artificiales), voces humanas grabadas y llamadas de socorro o alarma. Ciertos tipos de ruido, como los causados por los

vehículos que pasan, han demostrado ser ineficaces para reducir el número de aves. No se recomienda el uso de repelentes de ruidos fuertes si el sitio está cerca de un hábitat humano o si hay ganado o animales de caza en las inmediaciones. Una combinación de técnicas de disuasión es generalmente más eficaz que confiar en una sola estrategia.

- **Reducción de la vulnerabilidad al ataque de aves piscívoras.** La más práctica es la construcción de barreras físicas. Se ha demostrado que el cerramiento completo de algunas instalaciones acuícolas mediante redes o mallas es quizás el método más eficaz para prevenir la depredación de todo tipo de aves piscívoras.

- **Patrullas de acoso.** Las patrullas de hostigamiento realizadas por personas a pie o en vehículos se utilizan ampliamente para asustar a las aves en las instalaciones acuícolas, en particular en las más grandes. Estas patrullas suelen implicar el uso de dispositivos pirotécnicos. La eficacia de la técnica está relacionada en gran medida con la respuesta de miedo que tienen las aves ante la presencia humana. Sin embargo, esta técnica puede volverse muy laboriosa debido a la necesidad de patrullas durante el día y la noche. Por esta razón, se necesitan efigies humanas, explosores automáticos y otros dispositivos para complementar estas patrullas cuando el personal no puede estar presente.

Tratamientos preventivos para reducir el número de caracoles (hospedero intermediario) en estanques

- **Tratamiento químico:** sulfato de cobre 25 ppm durante 72 horas, enjuagar mediante cambio de agua antes de introducir el pescado.

- **Control regular de malezas** realizado manualmente o con herbicidas.

- **Tratamiento mecánico:** extracción de los lodos acumulados en el fondo de los estanques.

- **Control biológico:** Uso de peces moluscófagos, como la carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*) o crustáceos,

como los camarones gigantes de río (*Macrobrachium rosenbergii*).

Tratamientos preventivos para reducir el número de copépodos (hospedero intermediario) en estanques de tierra

- **Tratamiento químico:** Naled-Bromex: en muchos países, los fosfatos orgánicos no están permitidos para el cultivo de peces comestibles.
- Dimilin (diflubenzurón)
- **Control biológico:** uso de peces que se alimentan de zooplankton, como la carpa cabezona (*Hypophthalmichthys nobilis*).

En conclusión, varias medidas preventivas y de mejora están disponibles para los administradores de pesquerías y piscicultores con el objetivo de reducir los problemas asociados con las aves. Sin embargo, es probable que pocas opciones que no sean el cierre total de las existencias sean completamente eficaces, y es probable que una combinación de estrategias sea superior a la confianza en una sola medida. La relación costo-efectividad de cualquier medida debe ser considerada cuidadosamente.

Artículo originalmente publicado en The Fish Site el 17 de marzo de 2023. **Puede acceder a la versión original en el siguiente enlace:** <https://n9.cl/4i4ew>



Sociedad Venezolana
de Acuicultura

SUSCRÍBETE A NUESTRA LISTA DE DIFUSIÓN

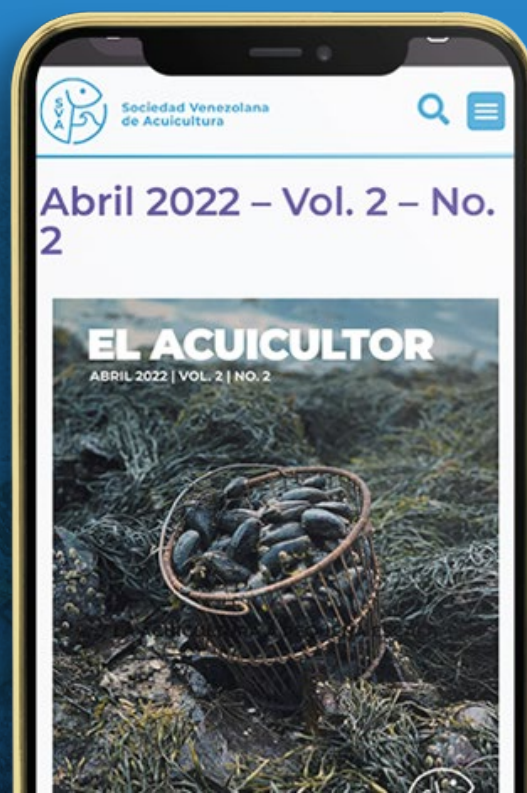
Y RECIBE TODO NUESTRO
CONTENIDO EXCLUSIVO
DIRECTO A TU E-MAIL



REVISTA
EL ACUICULTOR



BOLETÍN
MENSUAL



ALGUNOS COMENTARIOS SOBRE LA ALGUICULTURA EN LA LAGUNA DE PUNTA DE PIEDRAS, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA

Equipo editorial de la SVA

La laguna de Punta de Piedras es una laguna costera situada al sur de la isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela. Este cuerpo de agua es noticia en tiempos recientes por ser el epicentro de un movimiento de cultivadores de macroalgas. Si bien ha habido múltiples experiencias de cultivo de algas marinas en Venezuela, ésta ha sido la primera emprendida directamente por una comunidad, de manera espontánea. Lamentablemente, no han contado con la debida permisería y seguimiento. La SVA organizó una reunión de perfil técnico para escuchar a todos los actores e interesados en el tema y poder cimentar una posición propia con criterios sólidos, con la cual apoyar las gestiones de las instituciones con competencia en el caso. A la misma, realizada en el campus Porlamar de la Universidad Bolivariana de Venezuela (UBV) el 19/05/2023, acudieron cultivadores y comercializadores de macroalgas, diversas autoridades locales, docentes universitarios e investigadores. En el presente artículo trataremos de presentarles este caso y todas sus implicaciones, partiendo de las deliberaciones de dicha reunión y entrevistas puntuales realizadas.

Aspectos generales

Dentro del espacio lagunar han venido instalándose parcelas de cultivo de algas de manera completamente anárquica, sin que las autoridades competentes hayan podido ponerle coto. Los censos conocidos revelan números en constante aumento, siendo el último de 180 parcelas de alguicultores artesanales en el interior de la laguna. Aunque el crecimiento vertiginoso es reciente, los primeros alguicultores se instalaron hace unos cuatro

años, aunque previamente se aprovechaba el crecimiento de un banco asilvestrado del alga roja *Kappaphycus alvarezii* allí presente.



Vista aérea de la laguna de Punta de Piedras. Nótese las parcelas de alguicultores.

Aspectos operativos

El crecimiento de la alguicultura ha sido ayudado por el carácter basal de las macroalgas en la trama trófica. No hace falta agregar alimentos, a diferencia de otras actividades acuícolas tradicionales. Solo se requieren nutrientes y luz solar, todo disponible gratuitamente en el medio acuático costero.

La relativa simplicidad de su operación se ha ganado el interés, tanto de pescadores artesanales como de habitantes de las comunidades vecinas. La unidad productiva son parcelas, usualmente unifamiliares, que ocupan en promedio 1.000 m² (0,10 ha) cada una. El cultivo se realiza en líneas flotantes (cuerdas), manteni-

das en posición con flotadores (botellas vacías), unidas a estacas (palos de mangle) fijas en el sedimento. No exige una inversión importante ni es compleja su instalación, ya que buena parte de los materiales son de reciclaje, además de requerir mínimos costos operativos. La actividad inherente implica la siembra y cosecha constante del alga, lo cual puede llevarse a cabo con poco esfuerzo.

La laguna de Punta de Piedras, como toda laguna litoral, es un cuerpo de agua protegido de las vicisitudes climáticas, resultando sumamente ventajoso para actividades de esta naturaleza. Ocasionales eventos oceanográficos (mar de fondo) pueden resultar en desprendimiento masivo de talos de algas, e incluso, en destrucción de líneas en operaciones en aguas abiertas. Todo ello se evita al cultivar dentro de la laguna.

Otra ventaja la constituye la facilidad logística para el acceso y, sobre todo, el transporte del producto cultivado, dada su cercanía a la red vial de Punta de Piedras.

Aspectos económicos

La economía venezolana está viviendo un episodio muy complejo desde hace décadas. Pero dentro de esta crisis, la alguicultura se mantiene como un rubro que ha podido enfrentarla con cierto éxito. Amparada en un producto de calidad, con demanda en mercados internacionales, la actividad ha venido creciendo, específicamente en Nueva Esparta. En los últimos dos años, han sido exportadas unas 2.000 Tm de macroalgas secas, apoyando el ingreso de divisas y la diversificación de la economía.

Las algas son adquiridas a los productores con distintos grados de humedad, en precios alrededor de 250 \$/tonelada. De acuerdo a los parámetros del circuito, una unidad productiva promedio en la laguna debe estar produciendo mensualmente unos 3.000 Kg de algas secas, pudiendo generar alrededor de 350 \$/mes a sus operadores, con una reducida inversión. Este es un aporte significativo al ingreso familiar de los parceleros, siempre en el contexto nacional.

Estimaciones gruesas, partiendo de los contenedores despachados a partir de algas de la laguna, indican que la alguicultura puede haber aportado durante el último año unos 50.000 \$ directamente a los pobladores que la practican.

Aspectos Sociales

La comunidad de Punta de Piedras, particularmente en las vecindades a la laguna, se encuentra en una situación muy vulnerable, ostentando indicadores socioeconómicos muy preocupantes. Las fuentes de trabajo se habían venido minimizando, y con ello los ingresos familiares.

El cultivo de macroalgas marinas ha constituido una posibilidad real de ingresos, lo cual ha mejorado su nivel de vida sustancialmente. Aunque no es una actividad tradicional, si es afín a sus costumbres marineras y estilo de vida. Es posible y deseable que las condiciones de las relaciones productores-comercializadores mejoren, generando mayores beneficios para los primeros, pero es innegable que ya ha habido avances.

La pesca tradicional se ha reducido a su mínima expresión. La inseguridad ha sido un problema recurrente, tanto en tierra como en el mar. En buena medida, los pescadores han dejado de faenar por haber perdido sus aperos de esta manera y por no querer exponer sus vidas, además del gran tema de los combustibles y lubricantes. El desvalijamiento de infraestructura de instituciones como FLASA también tiene la misma causa. Es un hecho notorio que la inseguridad ha disminuido drásticamente en la zona luego del establecimiento de la actividad acuícola, lo cual ratifica la necesidad urgente de fuentes de empleo.



Inspección de autoridades a cultivos de macroalgas en laguna de Punta de Piedras.

Aspectos ambientales

Las lagunas costeras tienen múltiples funciones ecológicas. Son zonas de alta diversidad biológica, con un rol de criadero natural de numerosas especies acuáticas. Tienen un potencial de bioremediación y captación de carbono.

Numerosos estudios evidencian en la laguna de Punta de Piedras un marcado deterioro ambiental multifactorial de vieja data. Tanto la Estación de Investigaciones Marinas (EDIMAR) de FLASA, como la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar (ECAM) de la UDOE han creado un marco referencial de la laguna. Eso, de por sí, justifica una preocupación, ya que cualquier actividad adicional podría ser el detonante del colapso del sistema lagunar. Pero dado que ya se está ejecutando la actividad, sería valioso contar con estudios recientes que den luces sobre los efectos relativos a la actividad de maricultura que se desarrolla.

La actividad acuícola dentro de la laguna podría tener impactos negativos asociados con el sombreado de los pastos marinos, la tala del manglar y la pérdida de diversidad biológica, entre otros. Pero es posible también que bien manejado podrían evitarse estos perjuicios y más bien colabore en la generación de refugios, depuración, captación de nutrientes excesivos y gases de efecto invernadero, aumentando los servicios ecosistémicos de la laguna. Algunos investigadores sospechan que las condiciones de máximo estrés pudieran disparar estrategias reproductivas de la especie, aparentemente no evidenciadas antes. Lo más recomendable sería investigar todos estos aspectos para tener evidencias objetivas de las interacciones.

La mayor polémica surge por la naturaleza de la macroalga objeto de cultivo, *Kappaphycus alvarezii* oriunda del IndoPacífico. Siendo introducida, no sería recomendable usarla para actividades de maricultura en áreas protegidas, por definición concebidas para la protección de la diversidad autóctona. La mayoría de los académicos le asignan un carácter invasivo, mientras otros la refieren como oportunista. Probablemente cualquier alga que crezca y se desprenda de manera masiva generará los impactos negativos indicados. Ello lleva a considerar de tanta importancia evaluar los métodos de cultivo a aplicar como las especies a cultivar.

La restauración ecológica de la laguna, siempre un proceso largo y complejo, no podría concebirse simplemente excluyendo el reciente cultivo de macroalgas, requiriendo también la supresión de otros factores, quizás de mayor impacto y siempre de más tiempo en acción, como son las descargas de aguas domésticas, de lastre e industriales, el movimiento de tierra y construcción en sus márgenes. Nada de eso está planteado en estos momentos.

Aspectos Legales

Atendiendo a los servicios ecosistémicos referidos, las lagunas litorales suelen protegerse de manera especial. En Venezuela, todas constituyen Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). Parte de la laguna de Punta de Piedras tiene un estatus de ABRAE más restrictivo aún, integrándose al Monumento Natural Tetas de María Guevara. Las ABRAEs limitan mucho las actividades que se pueden desarrollar, por medio de un Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso (PORU). La modificación del PORU sería necesaria para poder practicar la actividad acuícola de manera legal en su polígono. En tal sentido, sólo hay dos opciones viables: la eliminación de la actividad acuícola en todo el polígono del monumento o cambiar su condición legal a uno menos restrictivo que lo permita.

Más allá de eso, la realización de actividades de acuicultura exige el cumplimiento de determinados trámites antes diversos entes gubernamentales. Muy *grosso modo*, el Ministerio de Pesca y Acuicultura (MINPESCA), el Ministerio de Ecosocialismo (MINEC) y el Instituto de los Espacios Acuáticos (INEA) tienen competencia en dichos asuntos. Lamentablemente, las actividades desarrolladas en la laguna de Punta de Piedras no han siquiera iniciado la complicada permisería exigida, por lo cual su condición es de total ilegalidad.

Estas iniciativas anárquicas han empezado a repetirse en otras lagunas, siendo ahora si frenadas por las autoridades. Cabe esperar que un efecto contagio, sin un orden ni criterios técnicos, conducirían casi seguramente a un desastre ambiental en las aguas circunvecinas.

Recientemente se instaló el Comité de Seguimiento (COSE) del cultivo de macroalgas de Nueva Esparta, por parte de Minpesca, el cual deberá facilitar la resolución de esta situación.



Comando de la Guardia Nacional desmantelando cultivos ilegales de macroalgas.

En áreas costeras vecinas se han propuesto diversas iniciativas de cultivo de macroalgas a las autoridades, que lamentablemente esperan su aprobación desde hace tiempo. Cabe la suposición que una más diligente respuesta a los trámites solicitados hubiera canalizado a los actuales parceleros a integrarse a esas iniciativas y no hubiera ocurrido la ocupación de la laguna.

Reflexiones Finales

Estamos atestiguando el surgimiento de iniciativas espontáneas de acuicultura artesanal. Es ciertamente conveniente mostrar una actitud orientadora y promotora, en lugar de una netamente punitiva y correctiva. Cabe destacar que desde el gobierno se han impulsado numerosos proyectos apalancando la acuicultura artesanal, ninguno de los cuales está operativo, a nuestro saber, quizás porque no se han identificado efectivamente con las necesidades de las comunidades. Esta constituye una oportunidad clara de hacerlo.

El cultivo de algas en la laguna ha probado ser muy productivo para las empresas y beneficioso para las comunidades, pero queda por demostrar su inocuidad ambiental. El afán de apoyar a las comunidades o de impulsar la acuicultura no puede cegarnos de los riesgos ambientales implícitos. Hay que aspirar a realizar una actividad sostenible. En el estado existen instituciones académicas y de investigación con gran trayectoria, que han ejecutado y pueden ejecutar nuevos estudios para satisfacer

cualquier duda existente.

La alguicultura puede desarrollarse con múltiples especies y métodos, así como en diversos espacios. El rechazo a una especie, método o lugar en particular, no debería generalizarse a todas las alternativas. Aunque el momento actual es particularmente propicio para *Kappaphicus alvarezii*, pudiera serlo para otras especies en un futuro cercano, bien por la dinámica del mercado o por desarrollos tecnológicos por venir. No puede forzarse tampoco una actividad de cultivo de macroalgas autóctonas cuando la realidad económica no lo haría rentable. Adicionalmente, hay estrategias de control que no se han implementado en el país que pudieran minimizar los riesgos de fragmentación y dispersión.

Propuestas de acción

* Permitir a la comunidad el mantenimiento de la actividad por un periodo definido (se recomienda un año), como mecanismo de subsistencia, pero en el entendido que deberán culminar la actividad una vez transcurrido ese lapso. En el proceso se favorecerá su instalación en espacios aptos para la actividad, sin las implicaciones negativas legales y ambientales ya referidas.

* Registrar las parcelas ocupadas, incluyendo georeferenciación para evitar la expansión de la superficie afectada. No permitir la ocupación de nuevos espacios.

* Desarrollar talleres de capacitación para los parceleros de la laguna, de manera de asegurar la ejecución de buenas prácticas, minimizando los riesgos de impacto negativo.

* Realizar estudios ambientales amplios durante el año de validación de la actividad, que permitan definir objetivamente el efecto de la alguicultura sobre todo el ambiente lagunar y el comportamiento del alga a situaciones de estrés. El resultado de estos estudios podría mover a reconsiderar la posibilidad de autorizar los cuerpos lagunares para hacer alguicultura a futuro.

* Definir espacios externos para la instalación de parcelas artesanales donde reubicar a los parceleros de la laguna u otros. Estudiar la conveniencia de cambiar la figura ABRAE donde sea conveniente y/o modificar el reglamento de uso correspondiente, contemplando la posibilidad de realizar la acuicultura según ciertos parámetros.

* Acelerar las respuestas a las tramitaciones pendientes,

tanto de permisería como la Resolución Conjunta de Macroalgas y la propia reforma de la Ley de Pesca y Acuicultura.

* Estudiar figuras jurídicas aplicables a los alguicultores artesanales, que permitan el cumplimiento de todos los trámites correspondientes ante los entes involucrados.

* Monitorear regularmente los restantes cuerpos lagunares para evitar la implementación de prácticas acuícolas no permitidas.

* Continuar fomentando la transformación de pescadores en acuicultores, como recomienda la FAO.

Desde la SVA esperamos que el cultivo de macroalgas siga fortaleciéndose y generando beneficios para el país pero, como insistentemente referimos, de manera sostenible, sin afectar en el proceso las figuras protectoras establecidas ni comprometer la rica diversidad biológica que nos caracteriza.



Imagen de la reunión convocada por la SVA para conversar sobre la laguna.

ALGUNAS NOTAS SOBRE LOS PEPINOS DE MAR

Arnaldo Figueredo^{1,2} y Carlos Lira¹

¹ **Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Calle La Marina, Boca del Río, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela.**

² **Sociedad Venezolana de Acuicultura. Av. José Casanova Godoy, CCI Satalino, G3-6, Turmero, estado Aragua, Venezuela.**

¿Qué son?

La diversidad marina suele llamar poderosamente nuestra atención. Algunas especies emblemáticas, como delfines y tiburones, nos causan una gran fascinación y consumimos ávidamente cualquier información que generen. Otros grupos, por el contrario, no son tan populares, y pasan desapercibidos. Ése es el caso de los pepinos de mar. Como su nombre indica, son animales que tienen una forma alargada, sin extremidades, apenas con proyecciones cortas como tentáculos o pies ambulacrales. No son especialmente atractivos. Parecen, de hecho, un pepino. Incapaces de movimientos ágiles, reptan por los fondos marinos de todos los océanos, desde aguas someras hasta profundas.

Como carecen de columna vertebral o esqueleto interno articulado, los pepinos pertenecen al muy diverso grupo de los invertebrados. Con rigor taxonómico, forman parte de la clase Holothuroidea, del filo de los equinodermos. O sea que son parientes cercanos de estrellas y erizos de mar, ambos grupos mucho más familiares para cualquiera de nosotros. Al igual que éstos, poseen simetría radial pentámera (en cinco partes) en adultos, un sistema vascular acuífero y numerosas espículas de carbonato de calcio embebidas en la pared corporal (Borrero Pérez y colaboradores, 2012).

¿Por qué son importantes ecológicamente?

Siguiendo a Calva (2003), los pepinos pueden aprovechar tres recursos diferentes para su alimentación: organismos microscópicos flotantes en el agua (plancton), materia orgánica particulada suspendida (detritus) y contenido orgánico presente en el propio sedimento marino, siendo este último el hábito de alimentación más extendido. De acuerdo a Borrero Pérez y colaboradores (2012), al alimentarse directamente de los fondos marinos, los pepinos cumplen funciones ecológicas vitales como:

- * Mejorar la estructura de los sedimentos, fragmentando y mezclando las partículas, haciéndolos aptos como hábitats para otras especies.
- * Facilitar el reciclaje de materia orgánica, impidiendo que zonas del lecho marino queden sin oxígeno (eutrofización).

¿Cuántas especies de pepinos de mar hay en Venezuela?

En Venezuela, los estudios sobre ambientes marinos empezaron relativamente hace poco tiempo y han recibido poco estímulo, por lo cual aún estamos descubriendo nuestra biodiversidad. En lo que respecta a los holotúri-

dos, Penchaszadeh indicó en 2003 la existencia de 40 especies en el país. Lodeiros y colaboradores, por su parte, establecieron en 2013 que había 53 especies de holotúridos en Venezuela, distribuidos en 34 géneros, 12 familias y cuatro órdenes. Y es probable que haya más especies aún por ser identificadas o descritas. Este tipo de registros tiene gran valor ecológico. Ellos nos han permitido distinguir a Venezuela como uno de los 10 países más megadiversos, cualidad que es importante preservar. Entre todas estas especies, hay dos que revisten especial atractivo comercial por su mayor tamaño, *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* (Figura 1).

¿Por qué se les pesca?

Pelegrín Morales y Álvarez Capote (2012) refieren que su valor comercial se deriva de diversos aspectos. Por una parte, se les atribuye carácter bioactivo, siendo útiles en la fabricación de terapéuticos, incluyendo anticancerígenos, antihipertensivos, antimicrobiales, antioxidantes, entre otros (Rahman, 2015). Por otro lado, poseen una composición nutricional excepcional, alto perfil proteico, así como de minerales y polisacáridos. Más allá de eso, se les valora como una exquisitez gastronómica, con dotes afrodisíacos (Wiefels, 2014; Peralta, 2019).

Quizás no nos resulte familiar o atractivo localmente, pero los pepinos de mar constituyen un recurso pesquero muy solicitado en los mercados internacionales, llegando a costar entre 8 y 80\$ el kilo en fresco y entre 300 y 1000\$ seco (Peralta, 2019). El consumo forma parte de la tradición china, emigrando y formando parte de las dietas étnicas en todos los continentes. La tasa de consumo de productos acuícolas, sobre todo los de alto valor como los pepinos, están creciendo a un ritmo de 15% anual. En parte, por la bonanza de la economía china, que les ha permitido mejorar su calidad de vida, siendo el pescado parte vital de ello. Pero también por la percepción negativa de otros platillos chinos tradicionales, como la aleta de tiburón, por sus implicaciones ecológicas, o el abalón, por su contenido en colesterol (Wiefels, 2014).

Recientemente se ha hablado mucho de los pepinos como un recurso pesquero importante en nuestro país, básicamente para la exportación.

¿Tienen alguna amenaza?

El incremento de la demanda de los pepinos de mar ha causado la disminución de las poblaciones naturales en

los países tradicionalmente proveedores. Las capturas por encima de la capacidad de las poblaciones de recuperarse han tendido a su colapso. Para subsanar la exigencia del mercado, se procuran nuevas zonas de captura y comercialización.



Figura 1. Pepinos de importancia económica de las costas caribeñas: *Holothuria mexicana* (superior) e *Isostichopus badionotus* (inferior). Foto: Cristian Díaz (INVEMAR-MHNMC).

Como se dejó entrever, la sobrepesca es una amenaza cierta para cualquier recurso pesquero, sobre todo cuando se habla de un entorno económico difícil y altos valores del producto.

En países como México, la explotación de este recurso se ha iniciado sólo recientemente, con los primeros permisos de pesca exploratoria otorgados el último año del pasado siglo, mientras que los de pesca comercial tuvieron que esperar 13 años, mientras se establecían las medidas de manejo consideradas adecuadas, como épocas de veda, cuotas máximas de captura, artes de pesca permitidos, entre otros. Sin embargo, la pesquería pasó rápidamente de un gran auge en los volúmenes de captura a un declive sostenido (López-Rocha et al., 2020).

En Panamá, por su parte, el pepino de mar ha sido declarado como En Peligro de Extinción, según los criterios de la UIC, debido principalmente a la pesquería ilegal del

recurso y a la pérdida de hábitat (Vergara-Cheng et al., 2015). También ha habido una caída brusca en la producción pesquera de pepino en numerosos países asiáticos, incluidos China, Japón, India e Indonesia debido a la sobreexplotación y a la falta de estrategias adecuadas de manejo y conservación (Rahman et al., 2015).

En Venezuela, el pepino ha pasado de no tener ningún valor comercial hace 30 años, a ser altamente cotizado. Durante un breve lapso en los años '90, hubo autorizaciones para la captura de pepino (Peralta, 2019). Sin embargo, los pronunciamientos de la comunidad científica sobre el mínimo conocimiento sobre la dinámica poblacional de los holotúridos, motivaron una postura más prudente por las autoridades, generándose una veda para evitar daños ambientales (Resolución MAT N° 195, del 10-07-1997, publicada en gaceta oficial N° 36.247 del 14-07-1997). Hasta el momento, se desconocen estudios locales sobre muchos aspectos vitales de su biología, como desarrollo gonádico, fecundidad, desarrollo embrionario y larvario, reclutamiento, talla de madurez sexual, así como muchos otros aspectos que definen las dinámicas poblacionales de las especies involucradas. Con esos datos en la mano deberá definirse el esfuerzo pesquero sostenible y con ello el tamaño de la pesquería, tallas idóneas de captura, épocas apropiadas para su veda, artes de pesca a involucrar, entre muchos otros parámetros.

¿Cómo deben manejarse?

Al igual que cualquier recurso pesquero, los pepinos de mar deben ser objeto de medidas de ordenamiento que los regulen efectivamente, definiendo el aprovechamiento racional de las especies involucradas. Un plan de esta naturaleza requiere que se conozca el estado de sus poblaciones para establecer las zonas, épocas y volúmenes explotables. En naciones vecinas que tienen pesquerías establecidas de holotúridos, se aprecia una legislación derivada de una sólida base científica para evitar amenazas sobre el recurso (DOF, 2015).

La necesidad de diversificación económica y empoderamiento social puede ejercer presión para conceder autorizaciones de extracción sin los estudios anteriormente definidos. No obstante, particularmente en un entorno crítico como el actual, es difícil establecer límites, sobre todo con recursos de tan alto valor. Hay mucha necesidad

y poca capacidad de vigilancia y control. Tan es así que, a pesar de la veda vigente, resulta notorio que sigue produciéndose la extracción del recurso (Peralta, 2019). Cabe la exhortación a las autoridades para velar por el cumplimiento de las medidas de protección y el abordaje de los estudios pertinentes para el manejo prudente de estas pesquerías.

¿Y es que entonces no hay alternativas para el aprovechamiento de estas especies de equinodermos? Pues sí que la hay. Dominando la reproducción y la alimentación de la especie, la producción puede acometerse organizada por acuicultura. Los invertebrados acuáticos suelen tener ciclos vitales complejos, incluyendo fases planctónicas (flotantes) y fases bentónicas (de fondo) (Figura 2). Hay alguna información documental e incluso práctica que puede ser empleada para empezar a definir los protocolos de cultivo. Es menester orientar a los centros académicos para generar la investigación necesaria para precisar todos los detalles faltantes para completar los paquetes tecnológicos de cultivo. Asimismo, se requiere impulsar iniciativas de cultivo piloto, autorizando a empresas que sienten las bases de una actividad acuícola sostenible, pero bien supervisadas, para evitar nuevamente la tentación de convertirse en fachadas para operaciones de extracción de pepinos del entorno natural.

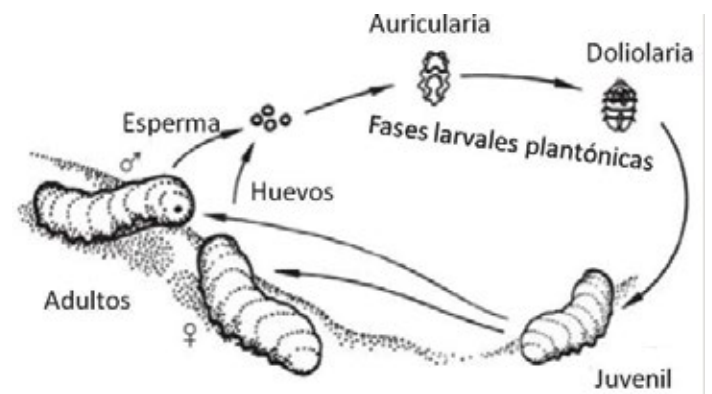


Figura 2. Ciclo vital simplificado de un holotúrido. Modificado de Miguel et al. (2013).

En 2011, el 77% de los pepinos de mar producidos no provenían de la pesca, sino de la acuicultura. Por medio del cultivo planificado de estas especies acuáticas puede lograrse satisfacer esa creciente demanda sin poner en riesgo las poblaciones silvestres de pepino y los ecosistemas en que se encuentran. Y es que la acuicultura impone un cambio de visión, pasar de la filosofía extractiva e insos-

tenible de la pesca, a la filosofía productiva, planificada y sostenible de la acuicultura. De hecho, las mismas naciones vecinas que han permitido el establecimiento de actividades extractivas de holotúridos, de manera controlada, han estimulado su cultivo para poder aspirar a expandir la producción.

Sólo así, podremos contar con una capacidad de exportación sana de pepinos de mar, sin perder todos los servicios ecológicos que las poblaciones silvestres de éstos nos prestan.

Literatura Recomendada

Borrero Pérez, G.H. et al. 2012. Equinodermos del Caribe colombiano: Echinoidea y Holothuroidea, Serie de Publicaciones Especiales de Invermar No. 30. 250 págs.

Calva B., L.G. 2003. Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 2. Erizos de mar y pepinos de mar. ContactoS 47, 54-63.

DOF, 2015. Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo pesquero de pepino de mar café (*Isostichopus badionotus*) y lápiz (*Holothuria floridana*) en la península de Yucatán. México. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Estados Unidos Mexicanos

Glockner Fagetti, A. 2014. Ecología poblacional y pesquería del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Bahía de los Ángeles, Baja California, México. CICESE. 64 págs.

Lodeiros, C. et al. 2013. Echinoderms from Venezuela: Scientific recount, diversity and distribution, in: Alvarado, J.J. & Solís-Marín, F.A. (Eds.), Echinoderm Research and Diversity in Latin America. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 235-275.

López-Rocha, J.A. et al. 2020. La pesquería de pepino de mar en Yucatán: Auge, declive y perspectivas a futuro. In: Pérez, A. et al. (Coord.). Investigaciones marinas en el golfo de México y mar Caribe mexicano. Universidad de Colima, México, pp. 508-535.

Miguel, P. et al. 2013. Evaluation of sea cucumber fishing in Puerto Rico. Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA. USA. 90 págs.

Olvera-Novoa, M. et al. 2017. La nutrición y alimentación del pepino de mar (Echinodermata, Holothuroidea); Situación Actual y Perspectivas para el Desarrollo de su Cultivo Intensivo. En: Cruz-Suárez, L.E. et al. (Eds), Investigación y Desarrollo en Nutrición Acuícola. Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 106-155.

Pelegrín Morales, E., Alvarez Capote, J.S., 2012. Valor del pepino de mar y perspectivas de desarrollar su cultivo en Cuba. Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba.

Penchaszadeh, P.E. 2003. Equinodermos, in: Aguilera, M., et al. (Eds.), Biodiversidad En Venezuela. Tomo 1. Fundación Empresas Polar - Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas, Venezuela, p. 514-521.

Peralta, A.C. 2019. El pepino de mar en Venezuela: Un recurso potencial pero desconocido. Boletín COFA Convivencia Pesq. (abril).

Rahman, M.A. (2015). World Sea Cucumber Fisheries: Status, Culture, Application, Effectiveness of Management and Extinction Threats. Int'l Conference on Waste Management, Ecology and Biological Sciences (WMEBS'15). Kuala Lumpur, Malaysia

Rahman, M.A. et al. 2015. Sea Cucumber Fisheries: Global Status, Culture, Management and Extinction Risks. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS), 3(4): 344-348.

Sonnenholzner-Varas, J.I., 2021. ¿Hacia dónde va la acuicultura de equinodermos en América Latina? Potencial, retos y oportunidades. Rev. Biol. Trop. 69, 514-549.

Vergara-Cheng et al., 2015. El pepino de mar, *Isostichopus fuscus*, recurso marino en peligro con altas necesidades de manejo. Tecnociencia, 17(2): 21-41.

Wiefels, R. 2014. El mercado mundial de pepinos de mar. Infopesca 58 (abril-junio).

Artículo inicialmente publicado en Acuipeca Magazine

**EL
ACUICULTOR**
UNA REVISTA DE LA SVA

PROMOCIONA CON EL ACUICULTOR

TU MARCA O PRODUCTO EN EL ESPACIO IDEAL
DEL EMPRESARIO ACUICULTOR





**Sociedad Venezolana
de Acuicultura**

IMAGEN DE PORTADA

Kelpfish en Dreamstime

Joebelanger en Atlas Animal

Una imagen inusual de un pepino de mar erguido, probablemente *Apostichopus californicus*. Esta especie se sitúa entre los rubros emergentes de la Acuicultura.



www.svacuicultura.org



@svacuicultura



Sociedad Venezolana de Acuicultura