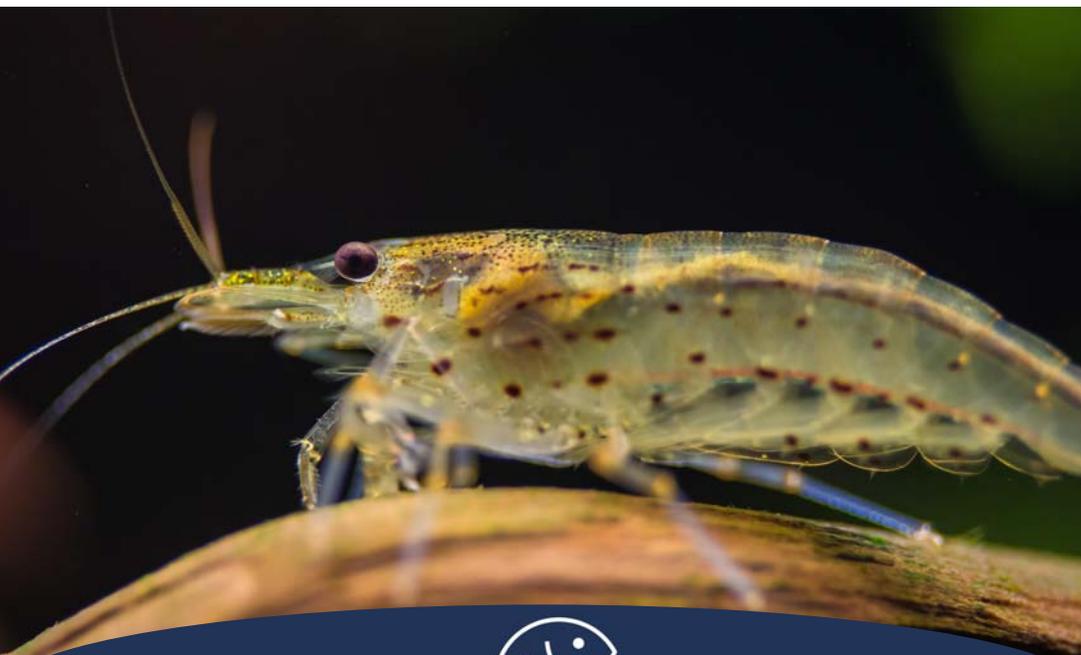


EL ACUICULTOR

ABRIL 2022 | VOL. 2 | NO. 2



Sociedad Venezolana
de Acuicultura



**¡COMPROMETIDOS CON EL
DESARROLLO ACUÍCOLA DE LA REGIÓN!**

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 EJECUTIVA

Marcia Guevara

GRACIAS A NUESTROS PATROCINANTES



CONTACTO

Web: svacuicultura.org

Email: sociedadvenezolanadacuicultura@gmail.com



Sociedad Venezolana de Acuicultura



4. Nota del Editor

6. Introducción a la acuicultura ornamental: parte II

17. Estrategias dietéticas para una mejor utilización de los alimentos acuícolas en cultivo de tilapia

28. Optimización del diseño de una balsa flotante artesanal para cultivar moluscos bivalvos

35. Granjas acuícolas inteligentes y sostenibles

46. La importancia de la muda en engorde de camarones

53. Conversando con Pedro Cadena, un ejemplo de superación y excelencia en el engorde de camarón

57. Las perspectivas de la tecnología de biofloc (BFT) para el desarrollo sostenible de la acuicultura

67. Sigue creciendo el cultivo de algas marinas, en el Nororiente de Venezuela

71. ¿Qué pueden ofrecer las técnicas nucleares a la acuicultura?



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



COPÉPODOS CONGELADOS

FROZEN OCEAN™

**Lo natural es
alimentarlos con lo natural.**

100% natural



Esterilizados por Irradiación Gamma



COPÉPODOS s ó l o l o b u e n o d e l m a r .

USA www.megasupply.com . +1 305 381-0210
VENEZUELA www.megasupply.net . +58212 235 6680
orders@megasupply.net

Hagamos acuicultura juntos 
MEGASUPPLY.

EDITORIAL

LA MALACOCULTURA

El cultivo de moluscos es una de las disciplinas acuícolas más antiguas, practicándose desde hace siglos en diversas regiones del globo. Hay referencias del cultivo de mejillones en la bahía de Viscaya alrededor del siglo XIV, de almejas en Japón por el año 746, especies del género *Helix* se cultivan en Francia desde hace dos mil años e incluso se tiene certeza de prácticas de ostricultura en la Campania romana hace 22 centurias.

Por supuesto que los métodos y especies objetivo han cambiado mucho, particularmente durante el último siglo. Han pasado de ser prácticas primitivas a ser actividades sofisticadas, donde se manejan tópicos como control de depredación, depuración, manipulación genética, bioremediación, entre muchos otros. Anteriormente estaba limitada solo a bivalvos (ostras, almejas, mejillones), pero se han producido avances notables en investigación de diversos aspectos de los ciclos vitales de gastrópodos (caracoles) e incluso octopódidos (calamares y pulpos), por lo cual puede esperarse que el cultivo comercial de estos grupos se desarrolle en corto plazo.

Las bondades de la carne de los moluscos dan sobradas razones para su consumo y eventual cultivo, dada su

excelente calidad nutricional, caracterizada por un mínimo contenido de grasas (principalmente insaturadas), bajo nivel calórico y riqueza de vitaminas y minerales. Además de los aspectos culturales y gastronómicos que hacen de ellos verdaderas joyas en la cocina.

Investigadores nacionales han consolidado numerosos progresos en el desarrollo de técnicas para el cultivo de diversas especies de moluscos. Por citar solo algunas, se ha ensayado el cultivo de: *Arca zebra*, *Crassostrea* spp., *Euvola ziczac*, *Lima scabra*, *Nodipecten nodosus*, *Perna* spp., *Pinna carnea*, *Pinctada imbricata*, *Pteria colymba* y *Sepioteuthis sepioidea*.

La abundancia de semillas silvestres de diversas especies de moluscos ha sido el motor del crecimiento de esos cultivos globalmente, pero cada vez toma mayor relevancia la importancia de laboratorios que las provean cuando sea requerido. En nuestro país aún existen bancos naturales que pueden servir de fuente inicial de semillas para ese arranque de la malacocultura. Particularmente, el cultivo de mejillones (*Perna* spp.) es uno de los que se perfila con más perspectivas y se han hecho suficientes ensayos para dejar claro que nuestras aguas son idóneas para el engorde de estos organismos.



La mitilicultura se inició comercialmente en Venezuela a finales de los años 80 del siglo pasado, pero decayó rápidamente por algunos problemas que son perfectamente manejables con la tecnología actual.

Por si todo lo anterior no fuera suficiente, la tecnología de cultivo puede adaptarse a niveles de relativa simplicidad que permitirían que esta actividad fuera llevada a cabo también por pequeñas agrupaciones familiares o comunales, empoderándolos, permitiéndoles la generación de productos alimenticios y la diversificación de sus ingresos, todo en perfecta armonía con el espíritu del Año Internacional de la Pesca y la Acuicultura Artesanal que justo estamos celebrando.

Desde la SVA hacemos votos por la materialización de nuevos proyectos de cultivo de moluscos, por su mantenimiento y consolidación.

Eduardo Castillo

Presidente de la Sociedad Venezolana de Acuicultura

INTRODUCCIÓN A LA ACUICULTURA ORNAMENTAL: PARTE II

Andrew Leingang

Aquagrow International, Malaysia
Aquaculture without Frontiers, Australia
Email: andrewleingang@yahoo.com

La Parte I de esta serie cubrió la industria de la acuicultura ornamental y cómo iniciar un negocio exitoso. Esta segunda entrega ofrece información sobre los tipos de negocios y analiza las opciones para la producción de variedades de peces.



Los negocios de peces ornamentales vienen de muchas formas.

TIPOS DE EMPRESAS

Estos son los principales tipos de empresas. La elección de uno depende del nivel de inversión, la ubicación, la superficie del

terreno, el suministro de agua y la experiencia técnica/administrativa del propietario.

1. Granja de peces ovovivíparos

Este tipo de granja produce peces que nacen vivos (alevines), como mollies, espadas, platys y guppies. El desove ocurre en el estanque; no hay necesidad de instalaciones de

incubación. La mayoría de las granjas de reproductores de peces ovovivíparos son operadas por sus propietarios, utilizando métodos de baja tecnología. Las cosechas y las entregas requieren personal eventual. Los principales compradores son los comercializadores.

2. Granja de peces ovíparos

Esta granja produce peces que ponen huevos, que luego se convierten en alevines. Requieren instalaciones para albergar reproductores, tanques de

desove y tanques de cría de alevines. Los alevines se almacenan y cultivan en estanques al aire libre o tanques interiores. Algunas especies pueden desovar en los estanques, pero las cifras de producción son bajas. Las ponedoras de huevos incluyen muchos grupos de especies, por ejemplo, bagres, púas, tetras, guramis y cíclidos. Requieren de tecnología media a alta, administrada por personal experimentado.

Técnicos calificados realizan la cría, la alimentación, el

manejo de estanques y enfermedades, y las cosechas. La mano de obra calificada y no calificada realiza la clasificación, el embalaje y el envío. La rotación de los peces ovíparos es rápida y el potencial de ganancias es mayor que el de ovovivíparos, incluso con todo y el costo de las instalaciones, equipos de recolección y actividades de preparación de estanques más frecuente.

3. Granja combinada

Una granja combinada es simplemente una granja



Comercializadores importan directamente variedades ornamentales o compran a importadores del país.

© Ian Bail Wannan Agua.



Muchas especies que ponen huevos pueden reproducirse en estanques.

que produce especies ovovivíparas y ovíparas. Suelen ser granjas grandes que venden a los comercializadores. Una granja de combinación única cultiva plantas ornamentales de agua dulce y marinas, que requieren fuentes de agua dulce y salada y un sistema RAS.

4. Combinación de granja / comercializadores intermediarios

Además de producir una gran cantidad y variedad de peces, estas granjas venden directamente a mayoristas, minoristas y otros comercializadores. Ocasionalmente intercambiarán peces con otras granjas para completar pedidos.

5. Granja / comercializador con importaciones

Además de comprar y revender peces criados en granjas, estos comercializadores importan directamente variedades criadas en granjas y capturadas en la naturaleza o compran a importadores del país. Las oficinas gubernamentales de bioseguridad y cuarentena ubicadas cerca de los aeropuertos regulan los animales importados. El tiempo en cuarentena varía según el país y puede ser de 1 a 4 semanas.

6. Comercializadores

Algunos comercializadores no crían peces. Compran peces de piscifactorías, los importan y los venden a mayoristas, minoristas y

para la exportación. Los comercializadores más exitosos tienen una lista de productos completa que permite a los clientes obtener todo lo que necesitan de un proveedor.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN DE PECES OVÍPAROS Y OVOVIVÍPAROS

Ovíparos: ventajas

- Hay cientos de especies, tamaños y variedades.
- Las granjas pueden especializarse en ciertos grupos, por ejemplo, púas y tetras.
- Las ponedoras se pueden cultivar tanto en estanques como en tanques interiores.

- Se venden peces de menor tamaño, con algunas excepciones (guramis, cíclidos).
- Las cifras de producción por unidad son de 5 a 10 veces mayores que las de los ovovivíparos.
- Es posible mantener altas densidades de población.
- Crecimiento rápido y uniforme, cosechado en 3 a 4 meses.
- Requiere algo de clasificación y selección.
- A diferencia de los ovovivíparos, solo se rechazan algunos peces.
- Gestión integral, con un saneamiento más frecuente de estanques y tanques.
- Los reproductores son fáciles de mantener tanto en tanques interiores como en estanques al aire libre.
- Es fácil promover a los individuos como reproductores en poco tiempo o comprarlos en otras granjas o comercializadores.
- Algunas especies pueden reproducirse en estanques, pero las cifras de producción son bajas.
- Algunos pueden tolerar poco oxígeno al respirar desde la capa de difusión de la superficie.
- Algunos tienen órganos respiratorios accesorios (guramis y bagre).
- El bagre *Plecostomus* se puede policultivar con



Una granja ornamental basada en estanques en Florida.

© Marty Tanner, Aquatica Tropicals.

algunas especies de ponedoras, lo que aumenta la producción del estanque.

- Algunos sirven como limpiadores de tanques (bagre y *Plecostomus*).

Ovíparos: desventajas

- Requiere una inversión considerable en instalaciones de incubación, desde estructuras sólidas hasta invernaderos económicos y tanques al aire libre cubiertos de sombra.
- Menos variedades para cada especie.
- Muchas especies son delicadas y requieren cuidado y manipulación especial.
- En general, son menos resistentes que los ovovivíparos.
- Algunos machos son más coloridos que las

hembras y requieren una proporción de 1 macho por 2 hembras para los pedidos (p. ej. púas rosadas).

- La recolección del estanque debe ser realizada por dos o más personas, lo que aumenta los costos de mano de obra.
- Algunas especies deben competir en precio con las importaciones de bajo costo (tetras neón, guramis enanos).
- Algunos requieren desove inducido por hormonas.
- La venta de muchas especies requiere amplias instalaciones de almacenamiento y envío.
- Las cubiertas de los estanques son esenciales para la mayoría de las especies en climas templados (temperaturas

invernales inferiores a 20 °C).

- Algunos se venden en una sola talla.

Ovovivíparos: ventajas

- Son fáciles de producir.
- Un buen pez para principiantes, para aficionados.
- Hay muchas variedades para cada especie (guppies de fantasía, mollies de cola de lira).
- Los ovovivíparos se pueden cultivar tanto en estanques como en tanques interiores, pero los estanques producen el mejor color.
- Los estanques pueden ser grandes y de forma irregular, ya que no es necesario utilizar redes de cerco.
- Una persona puede cosechar estanques usando trampas para peces, reduciendo así los costos laborales.
- Los reproductores se siembran directamente en estanques al aire libre para el desove, la cría de alevines y el crecimiento.
- La mayoría puede tolerar niveles bajos de oxígeno al respirar desde la capa de difusión superficial.
- Fácil de promover a los individuos para que se conviertan en reproductores de su propio grupo o compren a otras granjas o comercializadores.

- Más resistente que la mayoría de los ovíparos.
- La mayoría pueden tolerar las bajas temperaturas y no requieren cubiertas.
- La mayoría se vende en un tamaño uniforme.
- Algunos, de tamaños más grandes, pueden superar a los importados en precio.

Ovovivíparos: desventajas

- Las especies se reproducen en estanques con bajas cantidades de producción.
- Menores densidades de población.
- Existen múltiples edades y tamaños en los estanques al mismo tiempo.
- Requiere clasificación por tamaño, con peces de tamaño insuficiente devueltos al estanque.
- La mayoría de las variedades tienden a volver a una coloración salvaje que no se puede vender.
- La mayoría requiere sacrificio por calidad y selección de nuevos reproductores.
- Si no hay taninos en el suelo del fondo del estanque, la coloración puede ser pobre (variedades rojas).
- El pescado sacrificado debe descartarse o venderse como pescado de alimentación de

menor precio (excepto las colas de espada que son demasiado grandes para los peces de alimentación).

- Los ovovivíparos no pueden mantenerse por mucho tiempo en tanques.
- Ensucian rápidamente el agua del tanque de retención, lo que requiere frecuentes recambios de agua.
- Susceptibles a infecciones bacterianas.
- Crecimiento lento, la cosecha comienza después de 4 a 6 meses.
- El drenaje y limpieza de los estanques es poco frecuente. Después de 1 a 2 años aumentan los desechos, parásitos y bacterias que causan enfermedades.
- Las colas de espada requieren una proporción de 25 machos por 75 hembras para el envío.
- Tienen menos variedades y la mayoría se venden de un tamaño.

AQUÍ HAY ALGUNAS IDEAS SOBRE CÓMO ELEGIR ESPECIES Y VARIETADES:

Las especies y variedades de ovíparos superan en número a los ovovivíparos por un factor de 5 a 1. Las granjas de peces ovíparos en promedio producen al menos 100 especies o variedades, y las granjas de

ovovivíparos alrededor de 20.

El área de la finca y la cantidad de estanques determinan la cantidad de especies y variedades que se pueden producir. Un buen punto de referencia es de 3 a 4 estanques (normalmente cada estanque de 10 m por 20 m) por especie y variedad. Para 100 especies o variedades de ponedoras, necesita al menos 300 estanques. Para 20 variedades de ovovivíparos se necesitan unos 60 estanques. Para los tanques de interior, el número varía según el tamaño de los tanques, entre 1.000 L a 10.000 L.

Entonces, ¿cómo eliges qué producir? Se necesita mucho ensayo y error a lo largo del tiempo, conocer intereses, experiencia, demanda del mercado y el tamaño de la granja. Para ayudar en el proceso de selección, prepare una lista de ciertas especies y variedades de ovíparos y ovovivíparos que son muy factibles de cultivar.

EN LA GRANJA

Dificultad

¿Qué tan difícil es manejar: los reproductores, el desove, la cría de alevines y el crecimiento? ¿Tienes la experiencia o puedes contratar consultores,



Granja ornamental de Aquatic Tropicals en Florida.

© Marty Tanner.

gerentes y técnicos experimentados?

Costos

Costos de capital. ¿Es necesario cavar un pozo e instalar una bomba? ¿Necesitarás un criadero, tanques de alevines, despacho? ¿Qué alimentos especiales y herramientas de desove se requieren? ¿Necesita equipos como bombas, tractores, sopladores, calefacción y refrigeración? ¿Tiene que cubrir los estanques con plástico de invernadero durante el invierno?

Costos operativos. ¿Qué alimentos especiales y herramientas de desove se requieren? ¿Cuáles son los requisitos de energía para el bombeo y la aireación? ¿Cuáles son los costos

laborales, incluido los de usted, como propietario, cobrará un salario?

Producción

¿Cómo se determina el número actual de producción industrial de cada especie/variedad? Hable con otros productores, líderes de la industria, comercializadores y mayoristas que puedan darle una buena idea. Una manera fácil es solicitar una lista de precios y disponibilidad semanal en las fincas de su área. Obtendrá una idea de lo que están produciendo, qué precios están pidiendo y si tienen un exceso de oferta de ciertas variedades. Cuando muchas granjas cultivan las mismas variedades comunes, hay una buena oferta y una

gran demanda. Si solo unas pocas granjas cultivan los mismos artículos, significa una pequeña demanda o dificultad de producción. Puede haber un mercado limitado para nuevas especies y eso debe desarrollarse con el tiempo. Si desea cultivar variedades importadas comunes, tendrá que competir con calidad de importación y precios bajos.

Competencia

Comuníquese con las asociaciones de la industria y los agentes de extensión del gobierno para averiguar el número de granjas que cultivan las variedades seleccionadas.

Ventas

Números. Obtener las cifras de ventas actuales será difícil. Puede hacerse una buena idea hablando con líderes de la industria, agentes de extensiones gubernamentales, tiendas mayoristas y minoristas.

Precio. Consulte las revistas especializadas, los informes gubernamentales, los remitentes locales, los mayoristas y las tiendas minoristas para conocer los precios actuales. Los precios se han mantenido muy estables durante las últimas décadas, con solo fluctuaciones menores debido a enfermedades, desastres naturales y

escasez. La tendencia en la industria en la mayoría de los productos básicos es la disminución de precios y el aumento de costos.

A continuación, se muestra una forma sencilla de responder a las preguntas anteriores. Utilice la siguiente escala ampliada de calificación. Esta escala es muy subjetiva y varía según los expertos de la industria, la producción actual y los mercados. Obtenga toda la información que pueda antes del ejercicio de calificación. En pocas palabras: ¿en qué especie está interesado y puede producirlo en grandes cantidades?

¿QUÉ PECES HAY EN TU LISTA?

Aquí están mis listas principales de peces ornamentales de agua dulce (según la popularidad de los clientes, las ventas y las cifras de producción). Esta lista es solo parcial y variará según el país. Las especies se enumeran sin ningún orden en particular.

AQUÍ ESTÁN MIS 10 ESPECIES Y VARIETADES PRINCIPALES:

1. Peces de colores (Goldfish)
2. Koi
3. Tetra neón
4. Escalar / Pez ángel

5. Cíclidos africanos
6. Barbus tigre
7. Tiburones negros de cola roja
8. Bagre Plecostomus
9. Guppies
10. Colas de espada rojas

AQUÍ ESTÁN MIS PRINCIPALES ESPECIES Y VARIETADES DE OVOVIVÍPAROS:

MOLLINESIA:

Negro, Albino, Plata, Dálmata, Oro, Polvo de oro, Mármol, Variedades de globos, Variedades de aleta de vela, Variedades cola de lira, Variedades Mini.



MOLLIES

PLATYS:

Rojo, Azul, Negro, Sal y pimienta, Panda, Variedad w a g t a i l, Variedad esmoquin, Variedad Mickey Mouse.



PLATY

AGUA DULCE (SOLO EJEMPLOS)

Ovíparos	Dificultad	Costo	Producción	Competencia	Números	Precio
Plecostomus común	M	M	A	M	MA	M
Plecostomus raro	MA	M	B	B	MB	MA
Escalares	A	MA	B	B	B	A
Cíclidos Africanos	M	M	M	B	M	MA
Cíclidos Sudamericanos	B	B	B	B	B	B
Tetra neón	MA	MA	B	B	MA	A
Tetra viuda negra	M	M	M	M	M	M
Barbus tigre	M	M	M	M	A	M
Gurami azul	M	M	M	M	A	M
Tiburones	MA	MA	B	B	B	A
Corydoras	A	A	B	B	M	M
Danio cebra	B	B	M	M	MA	B
Leyenda:	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	

Ovovivíparos	Dificultad	Costo	Producción	Competencia	Números	Precio
Pez cola de espada roja	M	B	M	M	A	M
Molly negro	B	B	M	M	B	B
Platy azul	B	B	B	M	B	B
Guppies para alimento	B	B	B	M	A	B
Guppies fancy	A	A	B	B	B	A
Platy	B	B	B	M	B	B
Leyenda:	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	

VARIATUS:

Verde, Puesta de sol, Arcoíris, Cola roja azul.

COLAS DE ESPADA:

Rojo, Cometa rojo, Negro, Pintado, Piña, Verde, Ladrillo, Menta, Variedades de wag, Variedades de tux, Variedades Lyretail.

GUPPIES

Variedades elegantes, Alimentadores.



GUPPIES

AQUÍ ESTÁN MIS PRINCIPALES ESPECIES Y VARIIDADES DE OVÍPAROS:

DANIOS:

Cebra, Azul, Perla, Gigante, Leopardo, Gold, Variedad cola larga.



DANIOS

BARBOS:

Tigre, Tigre verde, Albino, Rosado, Cereza, Hojalata, Variedad cola larga,

Variedad Neón, Variedad sonrojado.

GURAMIS:

Azul, Dorado, Opalina, Plateado, Enano, Besador, Perlado, Betas.



GURAMI

TIBURONES:

Arcoíris, Negro de cola roja, Arcoíris albino, Plata, Iridiscente.

TETRAS

Neón negro, Neón, Cardenal, Limón, Luminoso, Negro, Serpae, Aleta sangrante, Blanco, Von Rio, Cobre, Pingüino, Farolito, Ojos rojos, Variedad aleta larga, Variedad albino.



TETRAS

BAGRES:

Plecostomus, Bristlenose, Corydoras.

CICLIDOS:

Suramericanos, Africanos.

RASBORAS:

Arlequín, Cola de tijera.

ESCALARES:

Plateado, Dorado, Variedad mármol, Variedad lace.



ESCALARES

AQUÍ HAY ALGUNAS "REGLAS DE ORO" PARA RECORDAR:

- La acuicultura es el arte y la ciencia de criar plantas y animales acuáticos. Sea creativo pero basado en la ciencia.
- Para comenzar, asegúrese de consultar con entes reguladores de la actividad como departamentos de pesca, agencias ambientales y gobiernos locales.
- Obtenga la ayuda que necesita, no intente hacerlo solo. Los miembros de la familia, los socios y las escuelas locales pueden ayudarlo hasta que esté listo para continuar a mayor escala.
- El objetivo de la acuicultura ornamental: producir el máximo número de peces de tamaño comercial en el menor tiempo posible.

- Esté obsesionado con la calidad, pero los números pagan las facturas.
- No puede llamarse a sí mismo un "acuicultor" hasta que haya matado un millón de peces ... eso es experiencia.

- Solo contrate personal que ya haya alcanzado su millón.
- Si no puede medirlo, no puede administrarlo.
- El sentido común tiene que prevalecer para mantener en mente el bienestar del pez.

Nota: Artículo publicado originalmente en "The Fish Site", de fecha 5 de noviembre de 2021. Puede acceder a la versión original en: <https://thefishsite.com/articles/an-introduction-to-ornamental-aquaculture-part-ii>

Sociedad Venezolana de Acuicultura
446 subscribers

HOME VIDEOS PLAYLISTS CHANNELS ABOUT

SUSCRÍBETE AL CANAL DE YOUTUBE DE LA SVA

CONTAMOS CON MÁS DE 55 HORAS DE CONTENIDO GRATUITO

Uploads ▾ PLAY ALL SORT BY

Patologías en Hepatopáncreas de...
89 views • Streamed 5 days ago

Acuicultura Simbiótica Nueva
247 views • Streamed 2 weeks ago

Implementación de un
79 views • Streamed 1 month ago

Aditivos Funcionales y
166 views • Streamed 1 month ago

Una Revisión a la Acuicultura
471 views • Streamed 2 months ago

NUEVAS ENFERMEDADES CON IMPACTO ECONÓMICO EN LA CAMARONICULTURA GLOBAL
1:14:24

KRILL Y SUS BONDADES COMO INCREÍBLEMENTE EN ALIMENTOS PARA CAMARONES
1:13:18

AIREACIÓN MECÁNICA EN ACUICULTURA: IMPORTANCIA Y APLICACIONES
1:10:39

HERRAMIENTAS ÚTILES PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES EN PECES Y CAMARONES DE CULTIVO
2:06:10

REVISIÓN DE INGREDIENTES NO TRADICIONALES PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS ACUICOLAS: ¿ESTA LLEGANDO EL ÉXITO DE LA INDUSTRIA A ESTOS DESARROLLOS?
1:20:38

Prilabsa



“SOMOS CALIDAD,
SEGURIDAD y GARANTÍA
EN TODOS TUS *cultivos*”



SIRVIENDO A LAS *américas*
POR MÁS DE 30 AÑOS

*Productos Zeigler se comercializan desde la oficina de Miami, USA

www.prilabsa.com



ESTRATEGIAS DIETÉTICAS PARA UNA MEJOR UTILIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS ACUÍCOLAS EN CULTIVO DE TILAPIA

INTRODUCCIÓN

Las tilapias son peces omnívoros de la familia de los cíclidos, nativos del África e introducidos ampliamente en todo el mundo. La tilapia es el segundo grupo de peces más cultivado comercialmente después de la carpa (*Cyprinus* sp.) en muchos países en desarrollo donde actúa como una importante fuente de alimento proteico. De todas estas especies de tilapia, la del

Nilo (*Oreochromis niloticus*) es la más cultivada, con más de 4,5 millones de toneladas métricas producidas en el 2018 (Figura 1).

El cultivo de tilapia tiene en el alimento uno de los principales costos de operación; por lo tanto, las estrategias de manejo de la alimentación y las estrategias de utilización de nutrientes son esenciales para garantizar una producción sostenible. El

aumento en la producción de tilapia significa la necesidad de estrategias productivas y de alimentación más eficiente. No todos los nutrientes que están presentes en los alimentos son asimilados y convertidos en energía útil, algunos se pierden en el sistema. Si sólo una pequeña proporción del total de los nutrientes en un alimento está siendo asimilada y retenida por los peces, el sistema se vuelve

ineficiente y mucho residuo se genera en su lugar. Esto es económicamente inviable y una preocupación para el medio ambiente y la calidad del agua. Por lo tanto, es importante que cada estrategia empleada sea nutricionalmente eficiente para minimizar el desperdicio del alimento y deterioro de la calidad del agua.

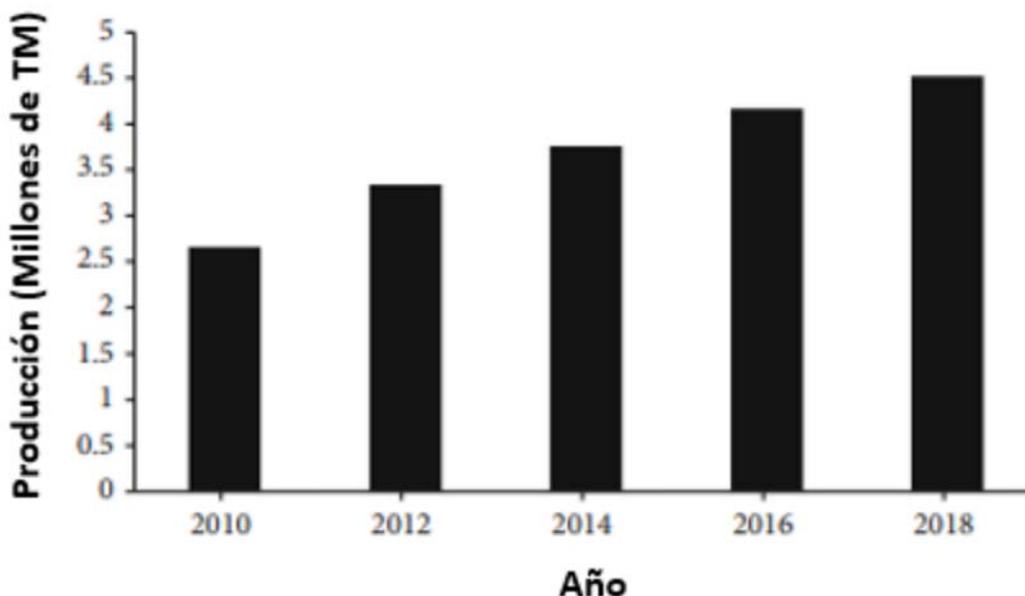


Figura 1. Contribución total de la tilapia del Nilo a la producción mundial de tilapia, 2010 - 2018.

Ha habido un gran avance en nutrición de peces durante años, acompañado del desarrollo de formulaciones para alimentos, con dietas comerciales específicas que promueven un crecimiento óptimo y una producción de peces saludables de alta calidad. Sin embargo, los requisitos de nutrientes, las estrategias de alimentación y su eficiencia no se entienden completamente en todo el mundo. Los académicos continúan reportando resultados variados sobre los requerimientos nutricionales de la tilapia, algunas veces contradictorios donde se recomiendan diferentes cantidades de ingredientes para mejorar el crecimiento y la salud de los peces. Hasta ahora, poco se sabe sobre enzimas, hormonas y pro/prebióticos añadidos en la dieta con el objetivo de mejorar la utilización de nutrientes y sus interacciones. Algunos estudios evalúan la influencia de la adición de enzimas en dietas para peces y reportan una mejora en el crecimiento y digestibilidad de nutrientes, mientras que otros encontraron de cero a mínimo efectos. Estas diferencias pueden deberse a contrastes entre los aditivos suministrados y la dieta.

Revisiones anteriores han examinado fuentes alternativas de nutrientes en las dietas de tilapia. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se centran en ciertos aspectos de la nutrición, y no cubren los nuevos desarrollos de las estrategias dietéticas que han ocurrido últimamente. El objetivo principal de esta revisión es explorar las estrategias dietéticas que mejoran la utilización de nutrientes en la tilapia, evaluar las alternativas que se han empleado para una mejor utilización de alimentos acuícolas, procesamiento de ingredientes de alimentos y debatir sus eficiencias. Esta revisión también proporcionará información nutricional actualizada para una mejor utilización de los alimentos acuícolas e identifica áreas que necesitan revalidación en este campo.

DISCUSIÓN

Estrategias para una mejor utilización de los alimentos acuícolas

El aumento en el cultivo de tilapia también ha resultado en una mayor necesidad de desarrollar formulaciones de alimentos mejoradas. Los nutrientes forman parte de la dieta de los peces y son vitales para regular el metabolismo, maximizar el

crecimiento, la reproducción y la salud. Los peces requieren de gran cantidad de nutrientes y la necesidad de cada uno difiere con la edad, el peso y la composición corporal del pez. Estos nutrientes se liberan durante el proceso de digestión de los alimentos y se pueden agrupar en macronutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos) y micronutrientes (vitaminas, minerales). Es importante que estos nutrientes sean proporcionados en cantidades adecuadas para optimizar el rendimiento y la eficiencia. Algunos componentes del alimento también se añaden a menudo para una mejor utilización del alimento como tal y para mejorar la parte fisiológica y económica del cultivo. Estos componentes incluyen enzimas, prebióticos, probióticos, hormonas, estimulantes de la alimentación y antioxidantes.

La necesidad de estos aditivos se debe en parte al uso de productos de origen vegetal destinados a satisfacer la demanda de dietas comerciales. Algunos de estos productos, especialmente de origen vegetal, vienen con un aumento en otros factores anti nutricionales que pueden reducir el valor

nutritivo del alimento. Por ejemplo, el 70% del fósforo en las fuentes de alimentos vegetales está disponible como fitato, que necesita ser hidrolizado con la enzima fitasa para liberar fósforo inorgánico, inositol y otros nutrientes. Sin embargo, los peces carecen de fitasa intestinal para hidrolizar el fitato durante la digestión; por lo tanto, el fósforo en su alimentación no está fácilmente disponible para ser utilizado de manera eficiente. La presencia de fitatos en los alimentos para peces también reduce la disponibilidad de proteínas y aminoácidos porque forman complejos proteicos que son difíciles de digerir. Es más, la biodisponibilidad de otros minerales como cobre, hierro, zinc, el calcio, el magnesio y el manganeso se reducen. Estudios previos han demostrado que la suplementación de la dieta con la enzima fitasa puede ser una solución y se ha demostrado que mejora la digestión de proteínas y la disponibilidad de minerales como el fósforo y el calcio. Esto ayuda a mejorar la calidad del alimento y, posteriormente, el crecimiento de los peces.

Otra enzima que se ha utilizado para complementar el alimento de tilapia, es la proteasa,

empleada para mejorar la utilización de nutrientes en dietas bajas en harina de pescado. La harina de pescado a veces se reemplaza con proteínas vegetales en la dieta, y esto ha demostrado que disminuye significativamente el crecimiento de los peces, la digestibilidad y utilización del alimento. El problema con las fuentes de alimentación derivadas de plantas es su baja digestibilidad, lo que da como resultado una baja utilización de nutrientes y una disminución del crecimiento de la tilapia. La baja digestibilidad de estos productos vegetales es debido a la presencia del componente polisacárido de almidón. La enzima xilanasasa mejora la utilización de nutrientes de los ingredientes vegetales en los alimentos, en particular los carbohidratos, y ayuda en el crecimiento de los peces. Sin embargo, el uso de esta enzima para la suplementación de alimentos en la acuicultura se ve afectada negativamente por su alto costo, de ahí la necesidad del desarrollo de más estrategias económicamente sostenibles.

Resultados de investigaciones diversas indican que la

suplementación enzimática en las dietas de salvado de trigo y harina de girasol mejoran la tasa de crecimiento de los peces y la digestibilidad de la ceniza, el fósforo, calcio y polisacáridos no amiláceos. La suplementación con enzimas también mejora la tasa de conversión alimenticia (TCA). La eficiencia de las enzimas en la dieta de los peces depende de los ingredientes utilizados.

Diferentes enzimas también se dirigen a hidrolizar diferentes enlaces; por lo tanto, la digestibilidad del alimento también depende de las enzimas administradas.

Una mayor digestibilidad de los nutrientes a su vez da como resultado un mayor crecimiento en los peces. Por lo tanto, es importante conocer la composición del alimento antes de elegir la enzima para complementar la dieta y asegurarse de que la suplementación enzimática es complementaria a la composición de la dieta. El aspecto económico también debe ser considerado durante la suplementación con enzimas para asegurar la rentabilidad.

La tilapia se beneficia enormemente de la

suplementación con enzimas. Los peces alimentados con dietas suplementadas con enzimas exógenas exhiben una mayor digestión de lípidos, proteínas y energía en comparación con los alimentados sin suplementos enzimáticos. Todo esto sugiere que la digestibilidad mejora con el aumento de la cantidad de enzima suplementaria añadida y que la suplementación de las dietas de peces con enzimas puede compensar los impactos negativos de los alimentos con ingredientes vegetales.

Los suplementos nutricionales se están utilizando cada vez más en cultivos de tilapia, con el objetivo de mejorar la salud y mecanismos de defensa gastrointestinal de los peces. Los probióticos y prebióticos son de los aditivos incluidos en la dieta para mejorar la resistencia de los peces a las enfermedades. Los prebióticos son aditivos no digeribles que mejoran la utilización de los alimentos fomentando el crecimiento y la actividad de bacterias en el tracto digestivo que mejoran la salud de los peces. Los probióticos, por otro lado, son microorganismos vivos que cuando se añaden a la dieta mejoran el equilibrio

microbiano intestinal. Los probióticos ayudan a mejorar el rendimiento zootécnico de los peces, su respuesta inmunitaria, y crecimiento. El uso de los probióticos en las actividades acuícolas también es amigable con el medio ambiente y sostenible. Los probióticos pueden consistir en microbios tales como *Bacillus* sp., *Pediococcus* sp., *Enterococcus* sp. y *Lactobacillus* sp. Uno de los más utilizados en acuicultura es *B. amyloliquefaciens*, que ha demostrado proporcionar inmunidad y resistencia contra enfermedades producidas por *Aeromonas hydrophila* en la tilapia del Nilo.

El uso de probióticos en acuicultura se basa en el concepto de producir alimentos de alta calidad que maximicen el crecimiento y al mismo tiempo proporcionen inmunidad. El impacto de estos probióticos en los peces se ha estudiado ampliamente tanto de forma individual o como suplemento combinado con otros aditivos como enzimas. Los probióticos también producen enzimas digestivas y estimulan la actividad de algunas otras como amilasa, lipasa y proteasa, mejorando así la digestibilidad del alimento.

Así mismo, las enzimas complementan la acción de probióticos al aumentar la cantidad de sustrato disponible para estos, además de fomentar el crecimiento de bacterias beneficiosas.

Pruebas para determinar el efecto combinado de enzimas y la adición de probióticos sobre el crecimiento y la salud de la tilapia han dado como resultado que los peces alimentados con esta combinación se desempeñaron mejor en términos de peso corporal final, tasa de crecimiento específica y tasa de conversión alimenticia (TCA), demostrando que la suplementación de la dieta con una combinación de probióticos y enzimas es capaz de mejorar el crecimiento y estado de salud de la tilapia. La comunidad microbiana en el intestino de los peces se ve alterada por la presencia de probióticos, y la producción de enzimas digestivas (amilasas, proteasas y lipasas) aumenta, lo que da como resultado una mayor disponibilidad de nutrientes como ácidos grasos de cadena corta y aminoácidos.

Otro aditivo importante en los alimentos acuícolas es la inclusión de estimulantes

de la alimentación, destinados a mejorar la palatabilidad y la aceptación de la dieta. Éstos se utilizan principalmente cuando los peces son muy jóvenes, particularmente en la etapa de alevines donde la aceptabilidad del alimento es motivo de preocupación. Algunos compuestos que se pueden utilizar como estimulantes incluyen la betaína y aminoácidos como la glicina y alanina. Los ácidos orgánicos también son buenos estimulantes de alimentación para peces.

Las hormonas también son un aditivo esencial en los alimentos acuícolas de tilapia, donde se utilizan para regular una serie de procesos tales como la ingesta de alimentos, la absorción, la asimilación, el metabolismo, y excreción. De esta manera, las hormonas influyen en la tasa de crecimiento de los peces porque todos estos procesos están directamente relacionados con el crecimiento. Algunas de las hormonas más utilizadas incluyen hormonas de crecimiento, hormonas tiroideas, gonadotropinas, prolactina, insulina y esteroides. A pesar de su importancia, el uso de hormonas está muy restringido debido a las preocupaciones de los

consumidores y las restricciones gubernamentales.

Los antioxidantes pueden ser también añadidos en la dieta para minimizar el deterioro y rancidez oxidativa del alimento, preservando así las grasas y aceites, vitaminas y otros componentes del alimento. Los compuestos que se producen durante el proceso de enranciamiento también pueden reducir aún más el valor nutricional de la dieta. Los antioxidantes pueden ser naturales o sintéticos. El incluir antioxidantes en la dieta, ha demostrado una mejor tasa de crecimiento y mejorar la competencia fisiológica de la tilapia.

Estrategias de procesamiento de ingredientes para alimentos con el objetivo de mejorar calidad nutricional y minimizar factores anti nutricionales.

La expansión de la industria acuícola en todo el mundo ha estado acompañada con un aumento en el costo de los alimentos, que a su vez también ha llevado a la introducción de alternativas o estrategias para reemplazar los ingredientes tradicionales de los alimentos por ingredientes más económicos, no

convencionales. Sin embargo, estos ingredientes no convencionales están limitados porque contienen un alto contenido de fibra y ciertos factores anti nutricionales. Dependiendo de la fuente de ingredientes usados para hacer el alimento y el método usado al procesarlos, los factores anti nutricionales pueden tener un impacto significativo sobre la utilización de aminoácidos, la función intestinal y la respuesta del sistema inmunológico. Por lo tanto, son necesarias estrategias de procesamiento de ingredientes para alimentos, destinadas a mejorar la calidad nutricional y minimizar los impactos de factores anti nutricionales para optimizar las tasas de crecimiento de la tilapia. La tasa de conversión alimenticia (TCA) es un indicador importante de la calidad del alimento para peces, una TCA baja indica una mejor utilización del alimento. Una TCA de menos de 2 es generalmente considerada buena para la mayoría de las especies de tilapia.

La industria piscícola tiene como objetivo promover la reproducción, el crecimiento y salud de los peces a bajo costo, por lo tanto, los ingredientes utilizados en el alimento

están estrechamente relacionados con estos objetivos. En el desarrollo de estas estrategias, hay que tener en cuenta una gran variedad de factores, como la duración de la alimentación, la frecuencia, el tamaño de la ración y el apetito de los peces que se alimentan, así como sus requerimientos nutricionales. Las estrategias de alimentación también difieren según el tamaño del pez, por ejemplo, los peces más pequeños consumen más alimento en relación con el peso corporal en comparación con los peces más grandes. Las estrategias de alimentación también dependen del sistema de cultivo que se utilice, ya sea extensivo, intensivo o semi extensivo. Al formular dietas para peces, también es necesario conocer los valores energéticos de los ingredientes y que cantidad de cada uno de ellos debe incorporarse en el alimento. Los aditivos que deben incorporarse al alimento, para cumplir los requerimientos nutricionales y alcanzar las metas de producción deben también tener un costo óptimo para el cultivo de la tilapia. Sumado a esto, el impacto que las estrategias de procesamiento tendrán sobre la calidad de los

ingredientes, su función, requerimientos nutricionales de los peces en diferentes etapas, sistemas de producción y expectativas del mercado se necesitan considerar.

Una estrategia de procesamiento de ingredientes de importancia en alimentos acuícolas es la fermentación, que desempeña un papel principal en la mejora de la calidad nutricional de fuentes de proteína tanto de origen animal como vegetal. Este proceso consiste en tratar la fuente de los ingredientes con microorganismos antes de añadirlos a los alimentos acuícolas. De esta manera, los nutrientes que se encuentran en las fuentes son conservados, mejorando así el valor nutritivo del alimento. La fermentación aumenta el contenido de vitaminas y la solubilidad de las proteínas. Además, reduce la fibra, factores anti nutricionales y toxinas que se encuentran en los ingredientes del alimento. También mejora la palatabilidad del alimento y la digestibilidad de la materia orgánica, fibras y aminoácidos. Los ingredientes fermentados contienen una gran cantidad de aminoácidos esenciales y biomoléculas que son importantes para

mejorar el crecimiento de los peces. La fermentación también descompone los carbohidratos en compuestos de menor peso molecular, aumentando así la energía disponible y la absorción de minerales en los peces. Los productos dietéticos fermentados tienden a tener una mayor estabilidad en agua, lo que mejora la ingesta de alimento en un corto período de tiempo. Otras funciones que desempeñan los alimentos acuícolas fermentados incluyen resistencia mejorada a enfermedades, inhibición del quórum bacteriano, inmunidad, tolerancia al estrés, microbiota intestinal y biorremediación acuática.

Los microorganismos más utilizados en este proceso de fermentación son las células fúngicas (*Aspergillus* sp.), las levaduras (*Saccharomyces* sp.) y las células bacterianas (*Bacillus* sp., *Enterococcus* sp. y *Lactobacillus* sp.). Las técnicas utilizadas para la fermentación son la fermentación en estado sólido y el método de fermentación sumergida. La primera implica la adición de ingredientes secos como el arroz, salvado de arroz y salvado de trigo, así como el microorganismo a utilizar en la formulación. Por otro lado, la fermentación

sumergida, implica la suspensión de los ingredientes y el crecimiento de los microorganismos en una solución acuosa. Por lo general, la dieta fermentada tiene un estado nutricional mejorado en términos de tener niveles más altos de proteína y aminoácidos esenciales en comparación con dietas no fermentadas.

Otra técnica utilizada para eliminar o reducir el efecto de factores anti nutricionales en el alimento es el tratamiento térmico. Este método se utiliza principalmente en la producción de alimentos completos granulados para eliminar la humedad y crear una estructura porosa esencial para la posterior absorción de aceites, mejorando la calidad del alimento. El secado con aire caliente ayuda a inactivar la mayoría de los factores anti nutricionales sensibles al calor. Sin embargo, se debe tener cuidado de mantener el calor a niveles adecuados para evitar la destrucción de ciertos aminoácidos esenciales como la metionina y la lisina. El tratamiento térmico puede mejorar en gran medida la calidad de los alimentos y reducir el impacto de los factores anti nutricionales en las dietas de tilapia.

Mejorando la utilización del alimento a través de la selección genética de los peces.

A medida que la demanda de alimentos de fuentes acuáticas continúa creciendo en respuesta al aumento de la población humana y disminución de poblaciones de peces salvajes, más productos alimenticios están siendo investigados con el propósito de mantener una gestión sostenible de la industria acuícola. Algunos productos alimenticios, especialmente a base de plantas, contienen nutrientes que no son ideales para alimentos acuícolas, de ahí la necesidad de cambiar

algunos rasgos de los animales a través de la manipulación genética. La introducción de la biotecnología y su desarrollo ha permitido la modificación genética y la manipulación de genes destinados a mejorar ciertos valores como mayor crecimiento y una mejor relación de carne con el suministro de menos alimento. Es importante saber cómo los peces que han evolucionado para consumir proteína animal principalmente pueden ser seleccionados para una mejor utilización de productos de origen vegetal como alimento.

La forma más utilizada de mejorar el crecimiento y la

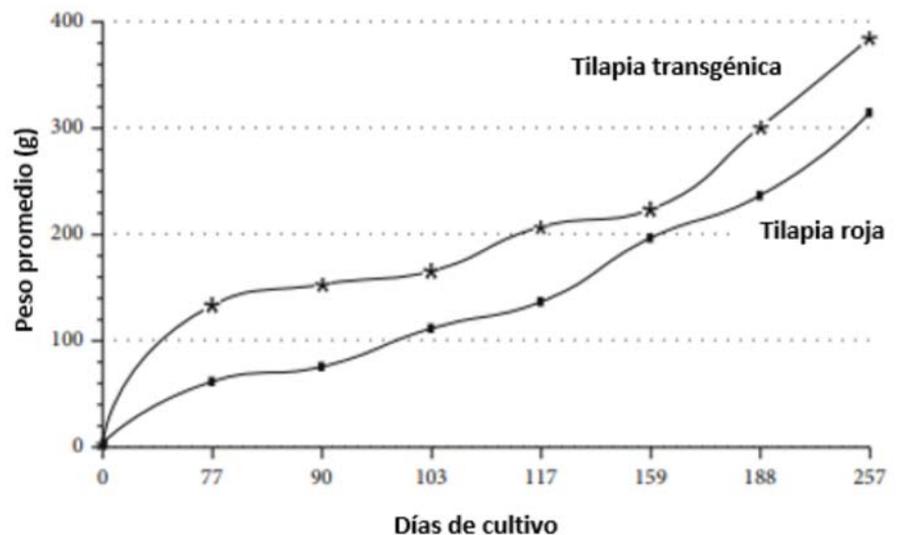


Figura 2: Aumento de peso promedio en tilapia transgénica, *O. hornorum* × *O. aureus*, heterocigota en comparación con tilapia roja híbrida bajo condiciones de policultivo intensivo.

conversión alimenticia en peces, hasta la fecha, es a través de modificaciones genéticas de la hormona del crecimiento. Peces con hormona de crecimiento transgénica pueden madurar a tamaños más grandes que los de la naturaleza y en un corto período de tiempo. Estos efectos fenotípicos observados en los peces también influyen en las características de producción (p. ej., eficiencia de conversión alimenticia, resistencia a enfermedades y la tasa de crecimiento).

Mejorar la eficiencia alimenticia en los peces es de gran importancia tanto a nivel económico como medioambiental. Sin embargo, este objetivo se ha visto obstaculizado por el hecho de que sólo un número limitado de estudios se han realizado con el fin de determinar la influencia de los genotipos en la utilización de nutrientes para las especies de tilapia. Para una mejor comprensión del papel de los genes en la utilización de nutrientes, entre las especies de peces, es necesario determinar lo que les ocurre a los peces no solo a nivel fisiológico sino también con la variación genética. De esta forma, los nutricionistas pueden correlacionar los cambios en la dieta con patrones

fisiológicos específicos y evaluar la dieta de acuerdo con diferencias en las necesidades nutricionales. Estudios realizados que comparan el crecimiento de la tilapia híbrida transgénica (*Oreochromis hornorum*) versus tilapia roja no transgénica mostraron un mejor comportamiento de crecimiento en peces transgénicos que la tilapia roja no transgénica (Figura 2), confirmando que las manipulaciones genéticas pueden mejorar el crecimiento y la utilización del alimento por los peces.

Tipos de alimentos, alimentación, y estrategias de alimentación.

La cantidad de alimento a suministrar y cómo hacerlo se determina por las condiciones imperantes. Los peces deben recibir sólo lo suficiente para satisfacer sus necesidades nutricionales, lograr un crecimiento óptimo y minimizar el desperdicio de alimento. La respuesta a la alimentación se controla visualmente y se detiene cuando los peces alcanzan la saciedad. La cantidad de proteína en el alimento, la tasa de alimentación y la frecuencia deben reducirse a medida que crecen los animales. El alimento para peces puede ser completo,

lo que significa que contiene todos los nutrientes necesarios para maximizar el crecimiento y la salud de los peces, o suplementario, lo que significa que contiene solo ciertos nutrientes para complementar los ingredientes ya existentes en el alimento. Cuando los peces se crían en sistemas donde no pueden alimentarse libremente de alimento natural, se les debe proporcionar una dieta completa. Por el contrario, las dietas suplementarias están destinadas únicamente a ayudar a mantener el alimento natural normalmente disponible para los peces en los ecosistemas naturales. En la mayoría de los casos, los productores usan dietas completas compuestas de 28-50% de proteína, 5-25% de lípidos, 30-45 % de almidón, <8,5 % de ceniza, <1,5 % de fósforo, <10 % agua y trazas de vitaminas y minerales. La cantidad de todos estos nutrientes también depende de las especies de peces y la etapa de vida en la que se encuentran.

Los alimentos para peces pueden ser alimentos vivos o artificiales. Alimento vivo se encuentra principalmente en las lagunas e incluye fitoplancton y zooplancton;

EL ACUICULTOR

es importante para las tilapias juveniles, ayuda a reducir el tiempo necesario para la organogénesis y permite la finalización temprana de un sistema digestivo funcional que posteriormente optimice el crecimiento de los alevines. Estudios han mostrado que juveniles de tilapia del Nilo pueden presentar deficiencias en digestibilidad, absorción, y asimilación de nutrientes cuando se les priva del alimento vivo. Esto afecta su rendimiento de crecimiento general hasta la etapa adulta.

Los alimentos artificiales para peces pueden dividirse en dos tipos, según su elaboración, extruido o peletizado, siendo que el primero flota, mientras que el segundo se hunde. El tipo de alimento utilizado depende de las especies de peces que se cultiven, pero la mayoría pueden ser entrenados para aceptar alimento extruido. La alimentación con extruidos es ventajosa porque es más fácil observar cuánto los peces están comiendo y por lo tanto ajustar las tasas de alimentación. También es más fácil observar la salud de los peces ya que suben constantemente a la superficie para comer.

Las técnicas apropiadas de manejo de alimentos



Contáctanos:

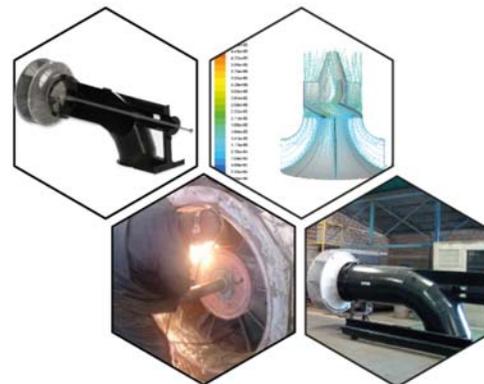
+58 424-6913873
+58 412-1068042

imz.dpto.produccion@gmail.com



INDUSTRIAS METALMECÁNICAS DEL ZULIA, C.A
Rif. J-30231672-3

Industrias Metalmecánicas del Zulia, C.A. es una empresa que desde hace más de 20 años ofrece a la industria sus servicios y soluciones de ingeniería en cuanto al diseño, fabricación y mantenimiento de Bombas de Flujo Axial utilizadas para el cultivo de productos relacionados con la Industria de Alimentos, específicamente con fondos agrícolas y pecuarios. Además, ofrece sus servicios de fabricación y reparación de partes de equipos y/o maquinaria pesada.



EXCELENTES SOLUCIONES DE INGENIERÍA

- Modelado de sólidos en 3D.
- Departamento de Investigación y Desarrollo.
- Ingeniería de productos de acuerdo a las especificaciones del cliente.
- Análisis de flujo de fluidos con CFD.
- Diseño estructural con análisis de elementos finitos.
- Asesorías técnicas

Calle 115 No. 59A-50 Sector Los Robles,
Zona Industrial. Maracaibo, Edo. Zulia

también son muy importantes. La alimentación correcta de los peces, de acuerdo con sus necesidades, es uno de los mayores desafíos de la acuicultura. Tanto la subalimentación como la sobrealimentación son comunes. La alimentación insuficiente conduce a un escaso crecimiento y una baja productividad, mientras que la

sobrealimentación puede deteriorar la calidad del agua.

Brechas de investigación y desafíos de formulación.

A partir de la revisión de la literatura, se observó que el conocimiento de las estrategias dietéticas que mejoran la utilización de nutrientes sigue siendo

incompleto y no bien entendido. Los peces a menudo exhiben factores de crecimiento que no pueden incluirse al formular el alimento. Las restricciones y limitaciones también son inevitables. Ciertas restricciones surgen del hecho de que el perfil de aminoácidos dentro de la dieta tiene que ser equilibrado, y los nutrientes deben ser digeribles. Sin embargo, las fuentes de la mayoría de estos nutrientes, especialmente proteínas, son costosas, y limitan la disponibilidad de tecnología de la formulación.

Los alimentos formulados, en oportunidades, están alejados del conocimiento de las condiciones reales de cultivo, y luego son vendidos a productores que, en su gran mayoría, no tienen idea de los requisitos nutricionales de las especies que cultivan; lo que aumenta el riesgo de usar formulaciones inapropiadas a nivel de productores.

La mayoría de los estudios revisados demostraron que existe una interacción entre las estrategias de alimentación y utilización de nutrientes por parte de los peces. Se ha demostrado que aunque ha habido un cambio importante en el uso de

ingredientes vegetales, se ha hecho poco para superar los desafíos relacionados con los factores anti nutricionales que vienen asociado con ellos.

La mayoría de la literatura sólo cubre las necesidades nutricionales de la tilapia en general, sin embargo, se requieren diferentes nutrientes en diferentes edades, pesos y composición corporal. La información sobre requerimientos nutricionales de la tilapia tampoco está vinculada adecuadamente a las condiciones de cultivo, sin embargo, toda esta información es esencial para optimizar la eficiencia del alimento y el crecimiento de los peces. Estudios también han demostrado que el perfil genético de los peces puede desempeñar un papel importante en la utilización del alimento. Sin embargo, se han realizado pocos estudios en este aspecto, muchas preguntas permanecen sin respuesta, y un vasto campo de investigación abierto. Otro desafío puede provenir de la variación de condiciones ambientales en diferentes sistemas de cultivo, que también influye en la respuesta de los peces a sus requerimientos nutricionales. Todo esto hace que el suministro de

alimentos específicos para cada especie haga difícil satisfacer los requisitos nutricionales de los peces en diferentes etapas del crecimiento. Es muy necesaria la comprensión de la influencia de los genes en la utilización de nutrientes, bajo diferentes condiciones ambientales. Actualmente, la mayoría de las manipulaciones genéticas se realizan en el laboratorio, pero no en las condiciones reales de cultivo, por lo que es difícil hacer una simulación de la influencia de la variación genética en la utilización de nutrientes, ya que también varía con las condiciones de cultivo.

CONCLUSIONES

Las fuentes dietéticas de tilapia están cambiando lentamente a productos de origen vegetal. Sin embargo, estos vienen con una gran cantidad de factores anti nutricionales y problemas de digestibilidad; por eso, estrategias de alimentación adecuadas deben implementarse para permitir una utilización eficiente de los nutrientes. Los requerimientos nutricionales difieren con etapas de cultivo; por lo tanto, es importante determinar los requerimientos nutricionales de los peces a

lo largo de su ciclo de vida y posteriormente emplear estrategias de manejo de alimentación apropiadas. Se recomienda que la información sobre la formulación del alimento se comparta con los productores para garantizar una mejor calidad del alimento y el uso de estrategias de alimentación

apropiada a costos sostenibles.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Dietary Strategies for Better Utilization of Aquafeeds in Tilapia Farming" escrito por: Thandile T. Gule y Akewake

Geremew. Publicado originalmente en: *Aquaculture Nutrition*, Vol. 2022, Article ID 9463307. Puede acceder a la versión original del artículo a través del siguiente enlace: <https://doi.org/10.1155/2022/9463307>



Sociedad Venezolana
de Acuicultura

LA ACUICULTURA CONTADA POR NOSOTROS MISMOS
Miembro Correspondiente de la World Aquaculture Society (WAS)



Webinars
mensuales



Boletín electrónico
mensual



Noticias del
momento en el sector



Membresía
SVA



Revista
El Acuicultor

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA Balsa Flotante Artesanal para Cultivar Moluscos Bivalvos

José Narváez¹, Jesús Rosas², Ernesto Trujillo² y Arnaldo Figueredo^{1,3}

¹ Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar (ECAM), Universidad de Oriente Núcleo Nueva Esparta (UDONE), Boca del Río, Isla de Margarita, Venezuela.

² Instituto de Investigaciones Científicas (IIC), Universidad de Oriente Núcleo Nueva Esparta (UDONE), Boca del Río, Isla de Margarita, Venezuela.

³Sociedad Venezolana de Acuicultura. Av. José Casanova Godoy, CCI Satalino, G3-6, Turmero, estado Aragua, Venezuela.

Email: josenzo19@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La acuicultura de bivalvos constituye una actividad muy dinámica y creciente, ayudando a suplir la demanda y necesidades alimenticias de una gran parte de la población mundial. Ostras, almejas, vieiras y mejillones son los grupos más cultivados a nivel global, por presentar, además de sus bondades nutritivas y gastronómicas, características como altas tasas de filtración, rápido crecimiento y elevada fecundidad (Hicks y Tunell 1993; Pillay 1997).

Como en muchos otros cultivos acuícolas, el diseño de las instalaciones tiene implicaciones vitales, tanto en costos como en manejo, siendo necesario buscar constantemente adecuaciones que procuren mantener la rentabilidad y

la funcionalidad de las estructuras.

ANTECEDENTES

El cultivo de bivalvos en Venezuela ha sido ensayado con diversos métodos (Figura 1). Originalmente se empleaban bateas tipo españolas provistas de flotadores de madera, huecos (recubiertos de una capa de cemento, alquitrán o fibra de vidrio) o rellenos de poliuretano o poliestireno expandidos, soportando una parrilla también de madera como sistema portante. Aunque de uso muy generalizado y productivo a nivel global, las condiciones económicas y ambientales locales las hacían poco atractivas y se descontinuaron (Rojas y Jiménez 1987).

En la Estación Experimental Sucre, y posteriormente en

otras zonas del oriente, se empleó un método japonés denominado "long-line". Éste estaba constituido por cabos de gran longitud, mantenidos a flote por medio de boyas, del que penden cuerdas donde se fijan los bivalvos, todo ello debidamente anclado al fondo. Lógicamente, la naturaleza de sus materiales lo hace muy ventajoso o económicamente. Este método tiene como inconvenientes el enredamiento de las cuerdas en aguas abiertas, la complejidad de operación por no tener una plataforma de trabajo y la dificultad del mantenimiento de la flotabilidad a medida que las cuerdas van ganando peso (Beaz 2011). Igualmente han sido empleado con buenos resultados métodos como

parques fijos o empalizadas en estacas (Lodeiros Seijo y Freites Valbuena 2008), particularmente convenientes para el aprovechamiento de zonas costeras por parte de acuicultores artesanales, pero, por la misma razón, no resultan apropiados para emprendimientos de mayor escala. También han sido ensayadas balsas flotantes basadas en tubería rígida de cloruro de polivinilo (PVC). Aunque ofrecen buena flotabilidad, dicho material se deteriora muy rápidamente al ser expuesto a condiciones marinas, además de incrustarse rápidamente, resultando en una corta vida útil.

En Europa, más recientemente, se han diseñado e instalado numerosas estructuras

flotantes para el cultivo de especies marinas usando polietileno de alta densidad (HDPE) como material principal del sistema portante (TEPSA 2014). Una de las principales propiedades del HDPE es su relativa flexibilidad, mitigando considerablemente los efectos del oleaje sobre la estructura, conllevando un menor movimiento en las cuerdas de cultivo y por tanto un menor desprendimiento de los bivalvos. De igual manera, presenta menor costo de mantenimiento al no necesitar aplicaciones de productos bituminosos para su conservación, conllevando además una reducción de su impacto ambiental. Adicionalmente, su durabilidad es mayor por la tolerancia del polietileno a la acción del ambiente

(salinidad, rayos solares, temperatura); además de ser un material que puede ser reciclable (Beaz 2011).

Buscando aprovechar las bondades anteriores, recientemente se han realizado una serie de experiencias a pequeña escala sobre la construcción de balsas artesanales con manguera de polietileno, utilizando materiales y suministros disponibles en el mercado nacional. En la Estación Biológica Fernando Cervigón, adscrita al IIC-UDONE. Fuentes *et al.* (2011) elaboraron una estructura circular constituida por tres aros concéntricos de manguera de polietileno cuyos perímetros fueron 50, 20 y 10 m; Valverde *et al.* (2015) construyeron e instalaron un modelo rectangular de balsa de 12 x 3 m, que



Balsa rectangular de HDPE



Balsa cuadrangular de PVC

Figura 1. Algunos métodos de cultivo empleados para el cultivo de mejillón en Venezuela.

estaba constituida por dos mangueras de polietileno, uno a cada extremo y reforzada con boyas recicladas. Ambas balsas resultaron de fácil construcción, bajo costo y fueron confiables para el engorde del mejillón en un primer momento. Lamentablemente, la subestimación del peso causó la deformidad de las balsas y posteriormente su hundimiento, no pudiendo concluir las experiencias de cultivo, pautadas a un año.

Las experiencias previas motivaron el desarrollo de una balsa artesanal optimizada, cuyo diseño y construcción se detalla en el presente artículo, siempre con el interés de generar un modelo productivo sencillo, transferible tanto a empresas como a comunidades costeras, que pueda ser la base del crecimiento de una pujante alternativa económica y nutricional.

DISEÑO

El diseño fue creado en digital con ayuda del Programa SketchUpMake, un software de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) que permite manejo de escalas, texturas y diversas herramientas de dibujo. Resultó especialmente

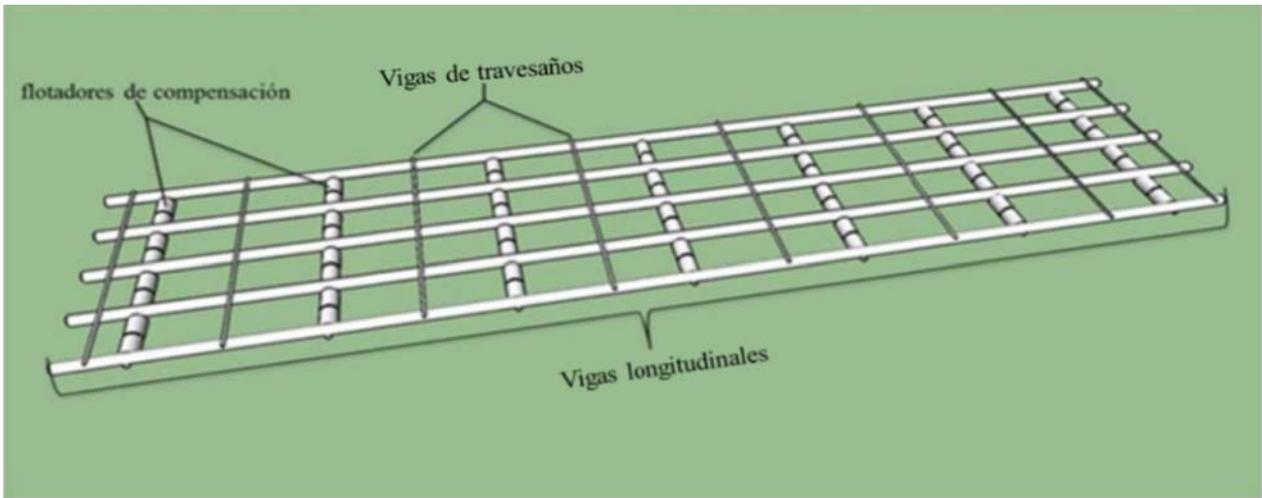
valioso para la visualización de la incorporación o desincorporación de elementos estructurales.

Se partió de los modelos previos desarrollados en la Estación de Cubagua. Éstos ayudaron para precisar los errores y así avanzar en la formulación de un modelo mejorado. Siguiendo la recomendación de Salaya *et al.* (1973), se diseñó un modelo de balsa rectangular, constituido por un sistema de soporte en forma de emparrillado, presentado por un entramado de vigas elaboradas con mangueras de HDPE, cabillas de hierro recubierto con manguera de HDPE y un sistema de flotación con boyas de cloruro de polivinilo (PVC). Atendiendo a los problemas de estabilidad evidenciados, se incrementó el número de vigas longitudinales (de 3 a 5), para proporcionarle mayor firmeza. Para atender el problema de flotabilidad, se aumentó el número de flotadores de PVC, de 60 unidades a 150 unidades (de 1,67 a 2,50 unidades/m²).

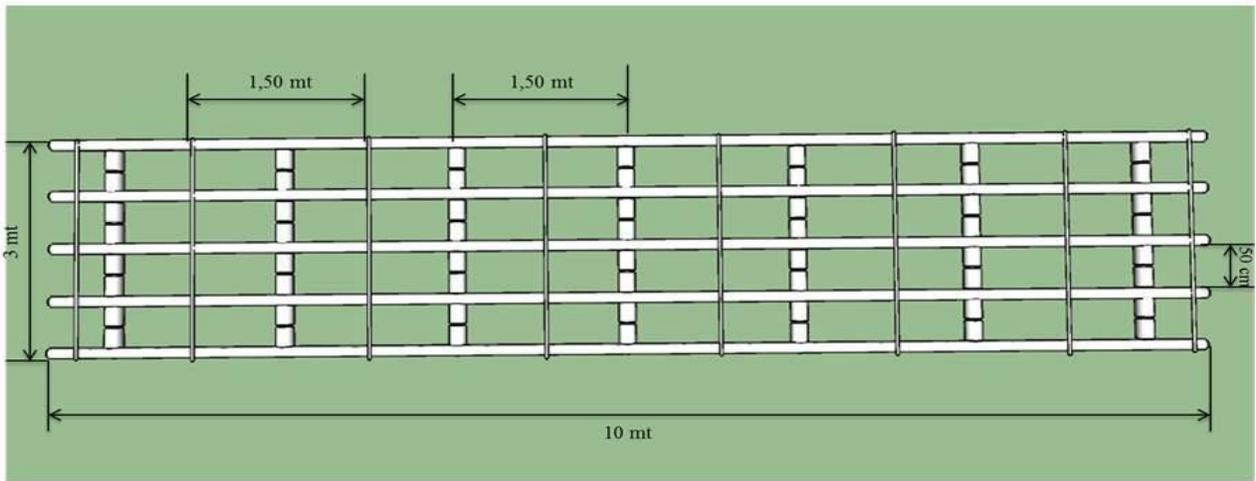
La balsa artesanal se concibió finalmente con una dimensión de 20 m x 3 m, con una altura de 20 cm y una superficie total de 60 m², útil en su totalidad para el cultivo de bivalvos. Estaba

constituida por las siguientes partes:

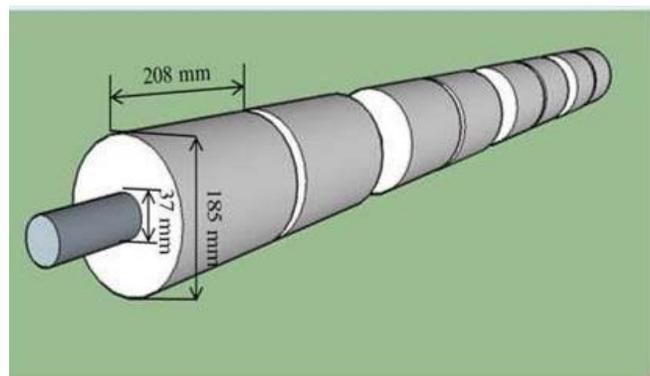
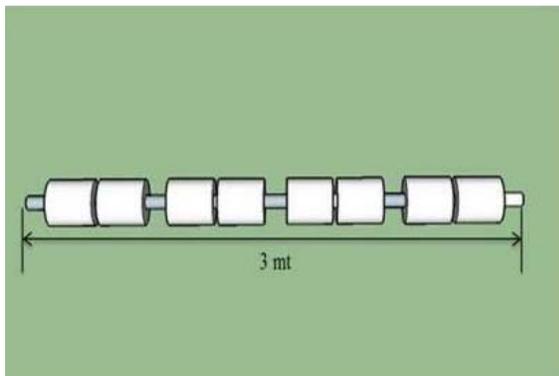
- Cinco vigas longitudinales, constituidas por manguera de HDPE de 4" de diámetro interno (90 psi) y 20 m de longitud. Se colocaron de manera paralela, separadas 50 cm entre sí.
- Quince vigas de travesaño, constituidas por cabillas de hierro de 3/8" de diámetro, forradas por manguera de HDPE de 1/2" de diámetro. Se colocaron en posición transversal y superior a las vigas longitudinales, espaciadas a 1,5 m una de otra, salvo los extremos, donde estaban separadas 1 m.
- Catorce vigas de flotación, similares a las de travesaño, constituidas por cabillas de hierro de 3/8" de diámetro, forradas por manguera de HDPE de 1/2" de diámetro. Estas vigas se usaron como ejes para insertar boyas de cerco de atuneras de PVC (208 mm x 185 mm), a través de los bujes, asegurándolas con hilo de nylon



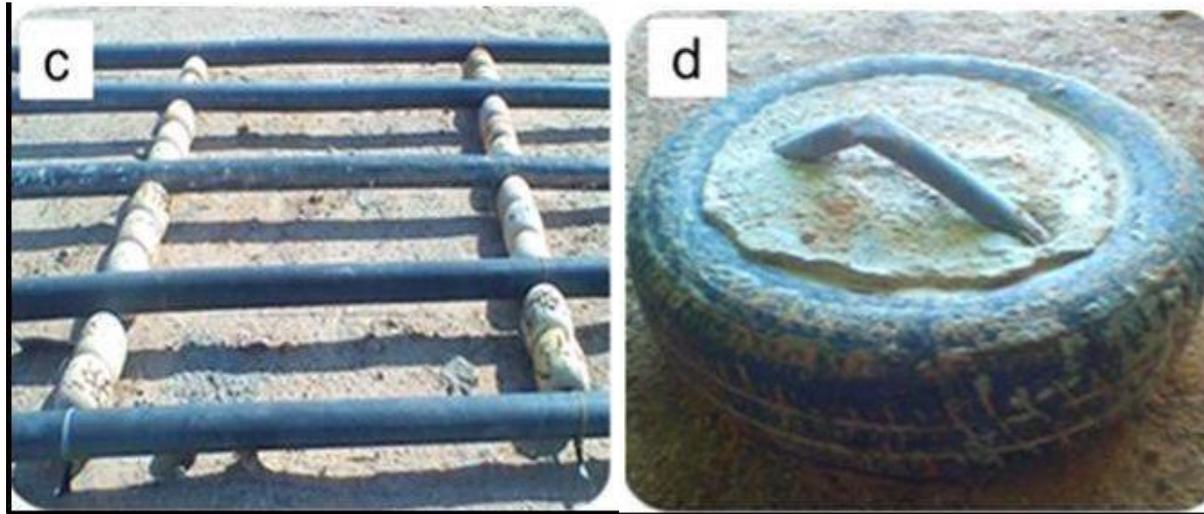
Plano constructivo de la balsa artesanal para el cultivo de mejillones (SketchUpMake)



Dibujos esquemáticos con detalles de la separación de los distintos tipos de vigas entre sí (SketchUpMake)



Dibujos esquemáticos con detalles de las vigas de flotación (SketchUpMake)



Vigas longitudinales con vigas de flotación

Anclaje o muerto

Figura 2. Imágenes ilustrativas de diversos aspectos del diseño de la balsa artesanal para el cultivo de mejillón.

(poliamida, PA) de 2,8 mm, mediante nudos marineros tipo ballestrinque. Se colocaron en posición transversal e inferior a las vigas longitudinales, espaciadas a 1,5 m una de otra.

- Seis anclajes o “muertos” a modo de sistema de fondeo, constituidos por neumáticos de 15” (diámetro interno) rellenos con concreto. A cada unidad se le incorporó, empotrada en el cemento, un asa constituida por un segmento de manguera de HDPE de 1” de diámetro y 60 cm de longitud, internamente recorrida por un mecate de

polipropileno de 7/8” de diámetro y 1,5 m de longitud. Los anclajes estaban unidos a la balsa en puntos equidistantes, por medio de un mecate de polipropileno de 7/8” de diámetro y 6 m de longitud. Este último mecate, denominado cuerda de fondeo, debía su longitud al destino de implementación de la balsa, la bahía de Charagato, al noreste de la isla de Cubagua, donde se colocaría a 4 o 5 m de profundidad.

Los extremos de todas las mangueras de HDPE fueron sellados con calor, sirviéndose de un soplete, y presión, por medio de un sargento para constituir compartimentos estancos, contribuyendo así a la flotabilidad de toda la balsa.

Todas las uniones entre vigas fueron aseguradas con hilo de PA de 2,8 mm, mediante nudos marineros tipo ballestrinque

CÁLCULOS

No fue posible obtener valores de flotabilidad de otros modelos de balsas construidos en Venezuela para comparar con esta experiencia, lo cual permite suponer que las experiencias anteriores han sido manejadas empíricamente, siendo este trabajo uno de los primeros en abordarlo con un enfoque técnico-científico. Para los cálculos de flotabilidad e inmersión totales del sistema se utilizaron las ecuaciones propuestas por Fridman (1986), descritas a continuación:

Inmersión total de sistema	Flotabilidad total del sistema
$Q_I = P_{ms} \times \rho_M - \rho_A / \rho_M$	$Q_F = P_{ms} \times \rho_A - \rho_M / \rho_M$
Dónde: Q _I = Inmersión total, kg	Dónde: Q _F = Flotabilidad total, kg fuerza
P _{ms} = Peso del material seco, kg	P _{ms} = Peso del material seco, kg
ρ_M = Densidad del material, kg x m ⁻³	ρ_M = Densidad del material, kg x m ⁻³
ρ_A = Densidad del agua de mar, kg x m ⁻³	ρ_A = Densidad del agua de mar, kg x m ⁻³

Otras fórmulas matemáticas que se emplearon fueron:

Densidad de las vigas longitudinales	Volumen de las vigas longitudinales
$d = M / V$	$V = \pi \times r^2 \times h$
Dónde: d = Densidad	Dónde: V: volumen
M = Masa	π : 3,14
V = Volumen	r: radio de la circunferencia
	h: altura

Componentes	Cantidad	Densidad	Peso individual	Peso total	Peso en el Agua
Cuerdas de Mejillones (ejemplo hipotético)	50		24,36 Kg	1.218 Kg	243,6 Kg
Incrustaciones en cuerdas (20% hipotético)	50		4,872 Kg	243,60 Kg	48,72 Kg
Cabillas	29	7.250 Kg/m ³	1,73 Kg	50,17 Kg	42,93 Kg
Total Inmersión Q _{TF}					335,25 kg

Tabla 1. Cálculos teóricos de los componentes de inmersión de la balsa artesanal.

Componentes	Cantidad	Densidad	Peso individual	Peso total	Flotabilidad (q _f)
Vigas Longitudinales	5	526,30 kg x m ⁻³	59,7 kg	298,5 kg	294,74 kgf
Vigas de Travesaño (sin cabillas)	15	950 kg x m ⁻³	0,183 gr	2,75 kg	0,28 kgf
Vigas de Flotación (sin boyas)	14	950 kg x m ⁻³	0,183 gr	2,56 kg	0,26 kgf
Flotadores de PVC	150	130 kg x m ⁻³	0,545 gr	81,75 kg	576,32 kgf
Total Flotación Q _{TF}					871,60 kgf

Tabla 2. Cálculos teóricos de los componentes de flotación de la balsa artesanal.

En las Tablas 1 y 2 se resume toda la información sobre inmersión y flotabilidad de cada uno de los elementos que constituyen la balsa artesanal para cultivo de mejillones. De esta forma, objetivamente pudo calcularse la capacidad real del modelo propuesto, minimizando el riesgo de colapso anteriormente experimentado. Dado el diferencial entre los parámetros de inmersión y flotabilidad, puede deducirse que la balsa tenía la potencialidad de acarrear con seguridad la carga hipotética planteada (1.218 Kg de 50 cuerdas de mejillones), pudiendo incluso incrementarse hasta 2.560 Kg.

COMENTARIOS FINALES

La balsa artesanal cuyo diseño fue descrito en las líneas precedentes, fue ensamblada en el campus Boca del Río de la UDONE y

transportada por vía marítima hasta la Estación de Cubagua del IIC-UDONE. Allí fue exitosamente empleada para el cultivo de mejillón marrón, *Perna perna*, en cuerdas y para el cultivo de las ostras perla alada *Pteria colymba* en linternas. Dichas experiencias productivas serán descritas en otros artículos, comentándose a continuación sólo los aspectos inherentes al diseño de la balsa artesanal.

Durante esos ciclos de cultivo se percibió muy baja incrustación biológica sobre el polietileno. Sobre los amarres si se evidenció una mayor incrustación, pero no conllevaron a el deterioro del material, ni afectaron su función. Los anclajes fueron muy eficientes, pues no permitieron el desplazamiento de la balsa. Fueron parcialmente cubiertos por sedimentos, lo cual incrementó su

capacidad de fondeo. Más importante aún, la balsa mantuvo una flotabilidad satisfactoria, sin señales de inestabilidad o colapso. De hecho, durante su operación fue accidentalmente embestida por embarcaciones en dos oportunidades, sin que por ello se produjeran daños a la estructura, su hundimiento o rotura de los elementos suspendidos.

Una ventaja adicional de la balsa artesanal diseñada la constituyó su ligereza. Tanto su construcción, como movilización y botadura pudo ejecutarse efectivamente con pocas personas, sin necesidad de maquinaria o equipo alguno. En resumen, la balsa artesanal diseñada demostró ser una alternativa válida, sencilla y económica para la realización de cultivo de moluscos.

ESTE ESPACIO ESTÁ ESPERANDO POR TI



ANÚNCIATE CON NOSOTROS

GRANJAS ACUÍCOLAS INTELIGENTES Y SOSTENIBLES

INTRODUCCIÓN

La industria de la acuicultura ha experimentado un crecimiento excepcional con las mejoras en tecnologías de sistemas de recirculación y descarga cero de agua (RAS y ZWD por sus siglas en inglés respectivamente). La acuicultura ha sido vital para satisfacer la demanda de productos del mar para el consumo humano. La acuicultura mundial de animales acuáticos de granja creció en promedio un 5,3% por año en el período 2001 a 2018. La acuicultura se proyecta a una producción de 109 millones de toneladas para 2030, un aumento del 32% desde 2018. La mayoría, el 62%, de la producción acuícola mundial en 2030 estará compuesta por especies de agua dulce como la carpa y el bagre. Además, la producción de productos de mayor valor, como el camarón, salmón y trucha, se espera que crezcan.

A pesar del importante desarrollo en la industria acuícola, ésta enfrenta importantes desafíos, que

incluyen (i) el uso excesivo de agua, (ii) el uso extensivo de productos químicos, que tienen efectos nocivos sobre el medio ambiente y el ecosistema, y (iii) un manejo deficiente de las granjas, lo que provoca pérdidas significativas.

Recientemente, se han llevado a cabo investigaciones para mejorar la calidad y el rendimiento de la industria acuícola. La investigación genética ha dado como resultado especies modificadas con mayor capacidad reproductiva pero de baja nutrición y menos probabilidades de sobrevivir que las especies salvajes. Se han diseñado sistemas de alimentación mejorados con comederos automáticos para optimizar el régimen de alimentación. También se han desarrollado tecnologías alternativas para mejorar el control de enfermedades sin usar productos químicos o antibióticos y el uso de Internet en granjas acuícolas para el monitoreo en tiempo real. Toda esta investigación previa ha permitido el progreso en las

prácticas acuícolas. Sin embargo, la industria acuícola todavía necesita una solución integral para lograr un medio ambiente amigable tanto como para los animales como para los humanos y el planeta. Este documento tiene como objetivo llenar éste vacío mediante el diseño e implementación de una granja acuícola inteligente que asegure productos de alta calidad con prácticas sustentables con el medio ambiente. La granja se basa en el monitoreo inteligente y automatizado de los componentes y el entorno de la especie que se cultiva. El sistema utiliza la combinación de las tecnologías RAS y ZWD, combinando las mejores partes de los dos sistemas independientes.

METODOLOGÍA

La investigación presentada en este documento se basa en (i) tecnología de punta en biología acuícola, ingeniería mecánica e inteligencia artificial; (ii) discusión con las empresas y expertos que trabajan en el campo de la acuicultura;

e (iii) integración de tecnología inteligente, incluyendo el uso de monitoreo inteligente y automatización de granjas acuícolas.

Esta investigación resultó en determinar especificaciones técnicas para una nueva generación de granjas acuícolas con la última tecnología e innovación para construcción de granjas eficientes y sostenibles, centradas en la calidad del producto, la eficiencia y el respeto por el medio ambiente. Estas especificaciones están en línea con las recomendaciones de la FAO para modernizar granjas y son: (1) reciclaje de agua, (2) tecnología bio-loop, (3) parámetros óptimos del agua, (4) manejo de desechos, (5) nivel de bioseguridad, (6) consumo de energía reducido, (7) uso de la última tecnología digital.

CONCEPTO Y DISEÑO DE GRANJAS ACUÍCOLAS

Concepto general

La industria acuícola utiliza dos tipos de sistemas cerrados: (i) sistema de cultivo de recirculación (RAS) y (ii) el sistema de descarga cero de agua (ZWD) o biofloc. El principio del RAS es el tratamiento del agua de cultivo a través

de una serie de procesos continuos: (i) filtración, incluida la filtración física y mecánica (utilizando fraccionadores de proteínas para eliminar partículas finas de materia orgánica/proteica y filtros de carbón activado para la absorción de sustancias posiblemente tóxicas) y unidades de biofiltración (usando biofiltros para eliminación de amoníaco tóxico y nitrito); (ii) desinfección; y (iii) oxigenación antes de ser reinyectado en los tanques de cría. Aunque el RAS puede mantener una calidad de agua estable durante largos periodos, su costo operacional, específicamente el consumo de energía eléctrica, hace que este sistema sea menos atractivo para la producción acuícola. Por otro lado, en los sistemas ZWD o biofloc, el agua de cultivo se mantiene mediante la adición de microbios en el tanque de cultivo. Por lo tanto, el conglomerado microbiano puede ser funcional en el ciclo de nutrientes para la purificación del agua, control bacteriano y como suplementos alimenticios.

En el sistema ZWD, la calidad del agua se mantiene a través de la actividad microbiana, incluido (i) *Bacillus megaterium* para mejorar

la tasa de amonificación de la materia orgánica acumulada; (ii) bacterias de nitrificación para convertir el amoníaco tóxico en nitrato menos tóxico; y (iii) la microalga *Chaetoceros muelleri* para absorber nitrato, mejorar el nivel de oxígeno disuelto (OD), proporcionar sombra y actuar como fuente de alimento vivo para el cultivo. Sin embargo, incluso aunque el costo operativo para mantener la calidad del agua en un sistema ZWD es relativamente bajo, la capacidad del sistema es insuficiente para soportar un largo período de cultivo superintensivo de camarones/peces. Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema acuícola híbrido que combine las ventajas del sistema RAS y ZWD.

El concepto de granja propuesta se basa en el sistema híbrido. Las figuras 1 y 2 muestran la arquitectura de este sistema. Está compuesto por los siguientes componentes: (1) Tanque reservorio para preparar el agua de cultivo; (2) Tanques de producción, cada uno equipado con un sistema de aireación; (3) Biofiltro aireado e inoculado con un consorcio de bacterias nitrificantes para degradar amoníaco y nitrito en el agua efluente; (4) Tanque

de intercambio de calor para calentar y mantener la temperatura del agua de cultivo; (5) Sedimentador equipado con filtro para la filtración física de aguas

residuales; (6) Fraccionador de proteínas para eliminar partículas orgánicas finas; (7) Depósito de carbón activado para eliminar contaminantes metálicos e

impurezas; (8) Recirculador de agua para reciclar sobrecarga y mantener el agua durante la cosecha; (9) Fosa de lodos para el proceso de tratamiento.



Figura 1. Esquema del sistema híbrido ZWD-RAS propuesto que muestra los componentes de cada compartimento.

MANEJO DE GRANJA

Sistema Hidráulico y Flujo de Agua

El sistema hidráulico se ilustra en la Figura 2. Está compuesto por: (1) Filtro para partículas provenientes en la fuente de agua; (2) Luz ultravioleta para desinfección del agua antes de entrar al sistema; (3) Red de tuberías para conectar diferentes tipos de tanques y filtros; (4) Filtro de arena para atrapar partículas de lodo y enviarlas a la fosa de lodos; (5) Dos bombas, para

bompear el agua del tanque de sedimentación y el agua del tanque de reciclaje al fraccionador de proteínas y biofiltro; (6) Intercambiador de calor para calentar el agua a la temperatura óptima antes de ir a los tanques de cultivo.

Cada tanque del sistema cumple con los requisitos de producción acuícola. Para el biofiltro se utilizan cuarenta toneladas de piedra caliza (carbonato de calcio, 3-4 cm de diámetro) para el establecimiento de

las bacterias de nitrificación. Además, se agrega material biofiltrante en forma de esferas de plástico negro de 32 mm para cubrir la superficie del biofiltro; esto con el objetivo de mejorar el rendimiento de las bacterias nitrificantes al reducir la luz en el biofiltro y ampliar el área de superficie para la adhesión de partículas finas suspendidas que ingresan al biofiltro. El intercambiador de calor es una unidad eléctrica que mantiene la temperatura del agua a $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Se utilizan varios ciclos de agua para optimizar la función del sistema híbrido propuesto. Una red de tuberías es empleada para atender la tasa diaria de recambio de agua del

200%. A partir del Ciclo 1, se transfiere, por gravedad, agua de mar filtrada y desinfectada con rayos ultravioleta desde el reservorio hasta el biofiltro. Se preparan componentes microbianos en el laboratorio para ser añadidos al agua del biofiltro. Este consorcio bacteriano quimioautótrofo consiste de bacterias oxidantes de amoníaco y bacterias oxidantes nitrificantes, el heterótrofo contiene, *B. megaterium*, y la diatomea marina *C. muelleri* conforma el fotoautotrófico. Después de acondicionar el biofiltro y activar las bacterias nitrificantes, se considera que éste está listo para transferir el agua a los tanques de cultivo. Los tanques de cultivo fueron sembrados con postlarvas (PL10) del camarón *Litopenaeus vannamei* a una densidad de 400 Pl/m³

y se utilizó como sistema ZWD durante 20 días.

Se agregó agua semanalmente desde el reservorio, un 10% del volumen total del sistema de cultivo para compensar las pérdidas de agua por evaporación. Basado en recuentos bacterianos semanales en placa, fue posible deducir las cantidades de inóculos (componentes microbianos) necesarios para compensar la dilución causada por la adición de agua nueva al sistema. Cuando los niveles de amoníaco y nitrito en el agua de cultivo llegaban a más de 0,5 ppm, la calidad del agua se mejoraba a través del sistema híbrido o Ciclo 2. El Ciclo 2 representa un sistema híbrido ZWD-RAS, donde el agua de la descarga se transfiere por gravedad desde los tanques de cultivo al sedimentador, antes de ser bombeada al fraccionador de proteínas y luego al filtro de carbón

activado para la eliminación de partículas orgánicas. Posteriormente, el agua se trata con un biofiltro para eliminar el amoníaco y los nitritos antes de ser transferida de nuevo a los tanques de cultivo. La descripción esquemática del híbrido, sistema ZWD-RAS, se presenta en la Figura 2. La tasa de recirculación de agua aumentó del 85% al 200% diario durante el período de cultivo de 120 días.

El Ciclo 1 se ejecuta semanalmente y el Ciclo 2 cuando los camarones comienzan a aumentar de tamaño, liberando más residuos, y el sistema ZWD se vuelve insuficiente. A partir de entonces, el Ciclo 2 se ejecuta diariamente con una mayor tasa de recirculación a medida que los camarones aumentan de tamaño. El Ciclo 2 puede detenerse y el sistema volver a ZWD cuando los niveles de amoníaco y

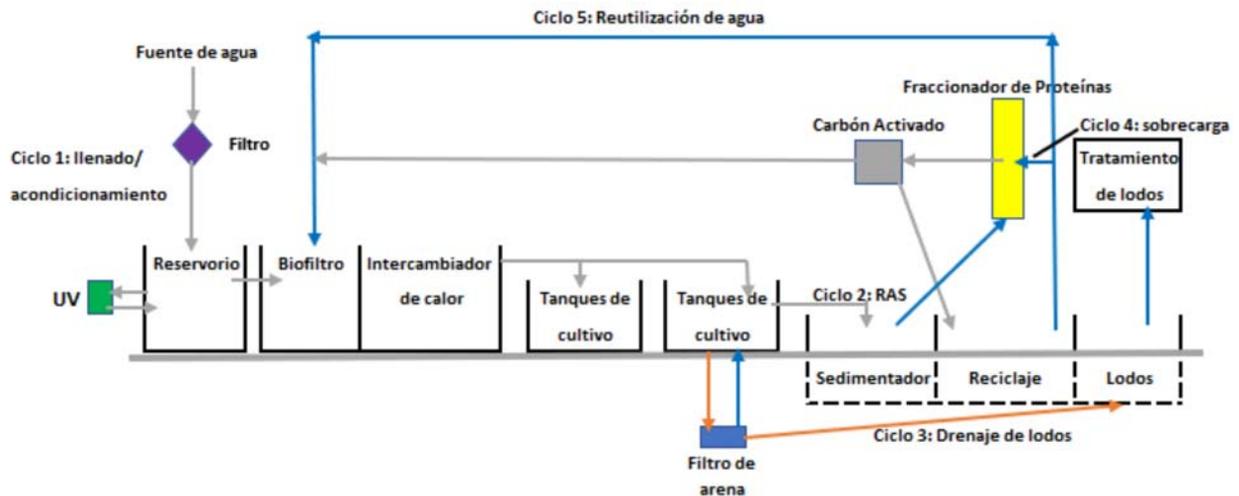


Figura 2. Vista esquemática del sistema híbrido ZWD-RAS instalado en Tabuk (Arabia Saudita).

nitrito en los tanques de cultivo vuelven a estar por debajo de 0,5 ppm. El sistema ZWD puede entonces mantenerse por un corto período de tiempo antes de que el sistema RAS deba ser aplicado nuevamente. Esto reduce la cantidad de energía que usaría el sistema RAS si se empleara las 24 horas del día. El Ciclo 3 se conforma de una red de tuberías y filtros de arena para el tratamiento diario de los lodos provenientes de los tanques de cultivo hasta el tanque de lodos donde ha de ser tratado. En el Ciclo 4 el agua sobrecargada de compuestos no deseados se puede reciclar a través del fraccionador de proteínas y filtro de carbón activo muchas veces. En el Ciclo 5, durante la cosecha, el agua de los tanques de cultivo

fluye a los tanques de reciclaje hasta que finaliza la misma; para luego ser bombeada de vuelta a los tanques de cultivo después de ser evaluada y considerada apta para cultivo.

SISTEMA DE MONITOREO

Arquitectura

La Figura 3 muestra el esquema del sistema de monitoreo. Está compuesto por tres componentes: El primero monitorea los parámetros vitales del agua. El segundo componente se refiere al monitoreo de las entradas de muestras de agua en las tuberías conectadas a los diferentes tanques (controladas independientemente por cajas de válvulas en cada tanque). El tercer

componente corresponde al tablero de limpieza de tuberías. Incluye salida de líquido de limpieza (ácido cítrico) y agua de grifo conectado a las tuberías de muestreo. El objetivo de la limpieza de las tuberías es garantizar la precisión de cada nueva muestra, por lo que el líquido de limpieza y el agua del grifo se enjuagan a través de las tuberías de muestreo después de tomar cada muestra de agua. Esto se realiza en cada tubería; el sistema está automatizado para limpiar y evitar que ni agua del grifo o líquido de limpieza entre a los tanques de cultivo. La caja de sensores también tiene un mecanismo de limpieza separado, que enjuaga los sensores con agua dulce y los recalibra.

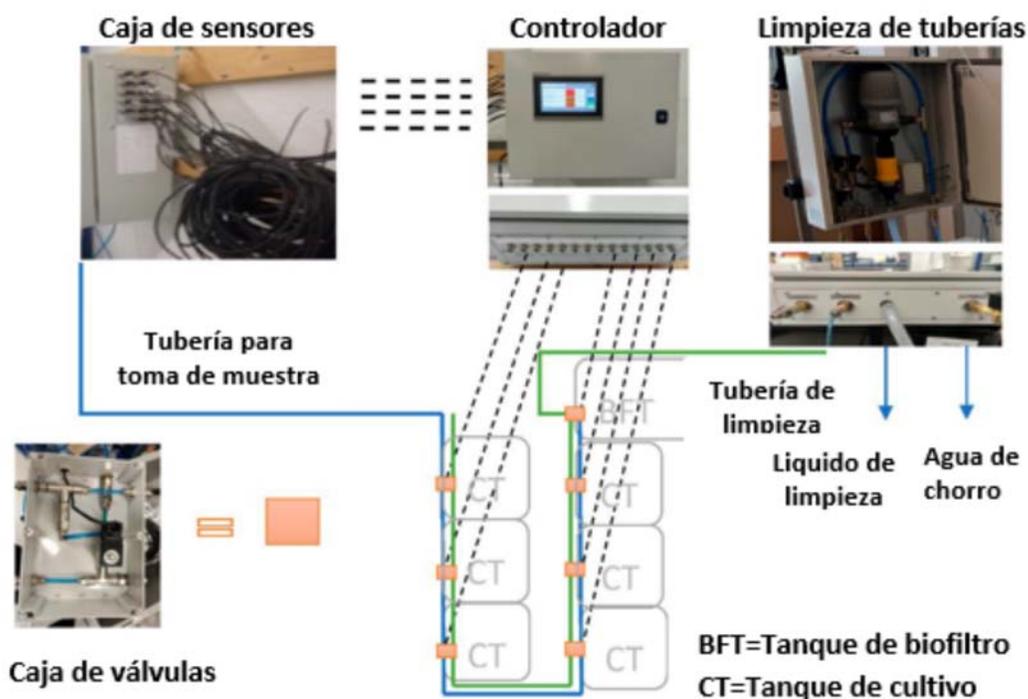


Figura 3. Sistema de monitoreo inteligente.

Las redes de tuberías de agua y aireación se diseñaron para un flujo óptimo utilizando bombas y válvulas, como se ve en la Figura 4. Además, la aireación se colocó uniformemente en los tanques de cultivo para garantizar homogeneidad.



Figura 4. Tanques y red de tuberías (agua y aireación).

El sistema monitorea los parámetros de calidad del agua, incluido el amoníaco y niveles de nitrito. Incluye un mecanismo de limpieza interno y externo para garantizar la precisión y promover la longevidad y durabilidad de los sensores/tuberías. El tiempo total de ejecución del sistema para una toma de muestra depende de la distancia que recorra ésta en el tubo de muestreo para llegar a la caja del controlador y sensores.

En comparación con un sistema comercial, el sistema propuesto proporciona las siguientes ventajas: (1) el uso de un sistema de monitoreo centralizado que permite la reducción sustancial de costos al reemplazar los

sensores utilizados para cada tanque con un sistema centralizado; (2) alta precisión, debido al muestreo y limpieza automatizada del sistema de monitoreo; el sistema puede funcionar sin parar para garantizar múltiples muestreos por tanque por día y aumentar la confiabilidad de los datos recopilados; (3) menor mano de obra, debido al aspecto de automatización del sistema de monitoreo, después del trabajo de configuración inicial, se necesita poco o nada de trabajo para ejecutar el sistema; (4) gran cobertura de parámetros; el sistema propuesto asegura el seguimiento de todos los parámetros de calidad del agua necesarios para garantizar que el entorno

de los camarones se mantenga saludable; otros sistemas de monitoreo de agua disponibles en el mercado carecen de sensores críticos, como un sensor de amoníaco.

Proceso de Monitoreo

El sistema monitorea el fluido a través de muestreo en intervalos y mide los parámetros de calidad del agua como amoníaco, nitrito, pH, Vibrio total, nivel de alcalinidad, Diatomeas, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Cada parámetro debe estar en el rango óptimo para asegurar una buena calidad del cultivo. La Tabla 1 muestra el rango óptimo para cada parámetro de calidad del agua y las acciones a tomar cuando un parámetro se sale del rango óptimo.

Parámetro	Rango Óptimo	Acción a tomar en caso de que un parámetro este fuera de rango
Amoniaco (ppm)	<1	Circulación a través de RAS
Nitrito (ppm)	<1	Circulación a través de RAS
pH	7–8,5	Adición de CaCO ₃ 5–10 ppm (si pH < 7) Adición de <i>Bacillus</i> 2–5 ppm (si pH > 8,5)
ΔpH (día-noche)	0–0,5	Adición de NaHCO ₃ 2–5 ppm
Vibrio total (UFC/mL)	<10 ⁴	Adición de <i>Bacillus</i> , 0,5–1,5 ppm enriquecido con melaza fermentada
Alcalinidad (ppm)	120–150	Adición de NaHCO ₃ 2–5 ppm
Predominio de Diatomeas/Algas verdes (%)	50–90	Adición de polvo de arcilla de caolín 2–5 ppm
Temperatura (°C)	27–30	Configurar calentador de agua (para aumentar temperatura) o enfriador (para disminuir la temperatura)
Salinidad (ppt)	25–30	Adición de agua salada para incrementar la salinidad y agua dulce para disminuir la salinidad
Oxígeno Disuelto (ppm)	4–9	Ajuste de la aeración

Tabla 1. Monitoreo y control de parámetros de calidad del agua.

Régimen de alimentación

La alimentación diaria se basó en la siguiente ecuación: Alimentación diaria (g) = DS × PP × TS × TA, donde DS es la densidad de siembra inicial, PP es el peso promedio de

los camarones (gramos), TS es la tasa de sobrevivencia estimada (%) y TA es la tasa de alimentación (%).

La Tabla 2 muestra el régimen de alimentación de acuerdo con el peso promedio del camarón.

Incluye alimentación a las 07:00 h, 10:00 h, 13:00 h, 16:00 h y 20:00 h. El régimen de alimentación ha sido controlado y manejado en base al seguimiento y evaluación de bandejas de alimentación, Tabla 3.

Peso promedio (g)	Tasa de Alimentación (%)	Peso promedio (g)	Tasa de Alimentación (%)
1,0–1,9	11–8	11,0–11,9	3,5–3,25
2,0–2,9	8–7	12,0–12,9	3,25–3,0
3,0–3,9	7–6	13,0–13,9	3,0–2,75
4,0–4,9	6–5,5	14,0–14,9	2,75–2,5
5,0–5,9	5,5–5,0	15,0–15,9	2,5–2,3
6,0–6,9	5,0–4,5	16,0–16,9	2,3–2,1
7,0–7,9	4,5–4,25	17,0–17,9	2,1–2,0
8,0–8,9	4,25–4,0	18,0–18,9	2,0–1,9
9,0–9,9	4,0–3,75	19,0–19,9	1,9–1,8
10,0–10,9	3,75–3,5	20,0–20,9	1,8–1,7

Tabla 2. Régimen de alimentación basado en el peso promedio del camarón.

Alimento residual en bandejas de alimentación				Puntaje	Acción
1	2	3	4		
0	0	0	0	4/4	Añadir 5–10%
0	0	0	+	3/4	Añadir 0–5%
+	0	+	0	2/4	Disminuir 0–5%
+	+	0	+	1/4	Disminuir 10–15%
+	+	+	+	0/4	Disminuir 20–30%

Tabla 3. Sistema de monitoreo de bandejas de alimentación para el programa de abastecimiento de alimento

Se realizaron muestreos de camarones cada dos semanas para evaluar los parámetros biológicos, incluido el crecimiento y la sobrevivencia. Al final del período de crecimiento, se calculó la biomasa total, la tasa de crecimiento específica, sobrevivencia y la conversión alimenticia.

IMPLEMENTACIÓN, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema se instaló y probó durante un año en la granja acuícola de Novaton en Tabuk, Arabia Saudita. La finca constaba de 6 tanques de cultivo con un volumen total de 360 m³ y un 25–30% adicional (100 m³) del volumen de cultivo a nivel del biofiltro. Se tomaron importantes medidas de bioseguridad que incluyó la creación de áreas de acceso restringido y la aplicación de estrictos protocolos para reducir el

riesgo de transmisión de enfermedades.

Calidad del agua

Se pudo observar que la totalidad de los parámetros de calidad del agua estuvo en el nivel óptimo durante el periodo de cultivo. Sin embargo, se observó un aumento de amoníaco, NH₃, y nitrito, NO₂, en el día 22.

Este aumento se utilizó como señal para el tratamiento de recirculación ya que el sistema ZWD no podía garantizar el tratamiento del agua sin la ayuda del sistema de recirculación. Otro aumento de nitrito, NO₂, se observó pero esta vez en el día 48 en el biofiltro. A pesar de estos dos inconvenientes, todos los valores de calidad del agua permanecieron dentro del rango de tolerancia.

Tasa de crecimiento de camarones

El muestreo de los camarones se llevó a cabo en los 6 tanques de cultivo; se tomaron 30 muestras de cada tanque desde la semana 4 hasta la semana 13. La tasa de crecimiento promedio de la semana 4 a la semana 13 se puede observar en la Tabla 4 y la Figura 5.

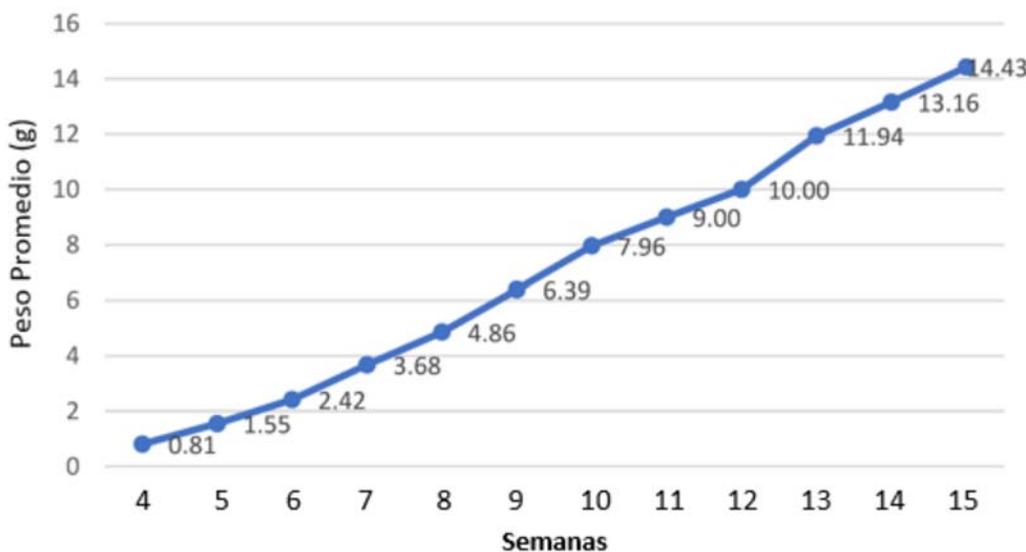


Figura 5. Crecimiento semanal desde la semana 4 a la semana 15.

Alimento y postlarvas (PL)

Los detalles de la composición del alimento se encuentran en la Tabla 5. Según nuestro conocimiento, el uso de alimentos con altos porcentajes de proteína cruda supone teóricamente aumentar la calidad general de los camarones. Las postlarvas de *Penaeus vannamei* fueron proporcionadas por los laboratorios de las autoridades locales. Se pudo observar que las postlarvas no eran uniformes en talla, lo que puede ser un factor de canibalismo en una etapa posterior del crecimiento y afectar los rendimientos económicos y tasas de sobrevivencia.

Semana	Peso promedio (g)	Incremento diario (g)	Peso máximo (g) registrado
4	0,81	0,03	1,15
5	1,55	0,11	2,83
6	2,42	0,12	4,38
7	3,68	0,18	6,32
8	4,86	0,17	8,35
9	6,39	0,22	9,14
10	7,96	0,22	10,84
11	9,00	0,15	11,17
12	10,00	0,14	12,21
13	11,94	0,27	15,64

Tabla 4. Peso promedio, crecimiento diario y peso máximo registrado.

Alimentación sugerida. Edad/Tamaño	Tipo	Presentación	Tamaño (mm)	Proteína Cruda (Min)	Grasa (Min)	Ceniza (Max)	Fibra (Max)	Humedad (Max)
1-10 días	Iniciador 1	Granulado	0,6-1,2	34%	7%	15%	4%	11%
11-30 días	Iniciador 2	Granulado	1,2-2,0	34%	7%	15%	4%	11%
3-5 gr	Iniciador 3	Granulado	1,4-2,5	34%	7%	15%	4%	11%
5-15 gr	Engorde 1	Pellet	2,2 × 3,0-5,0	34%	7%	15%	4%	11%
>15 gr	Engorde 2	Pellet	2,2 × 3,0-6,0	34%	7%	15%	4%	11%

Tabla 5. Composición y detalles de los alimentos utilizados.

Consumo de energía y cultivo global

El diseño de la granja utiliza flujo de agua por gravedad para ahorrar consumo de energía. En consecuencia, el consumo de energía está relacionado principalmente con el calentamiento del agua y el aire del galpón, así como como sopladores de aire, bombas, fraccionador de proteínas e iluminación. El ahorro de energía

medido fue de 27%. Este ahorro puede incrementarse aún más cuando se realiza un cultivo estacional, reduciendo la cantidad de energía térmica necesaria para calentar el sistema. El sistema híbrido permitió el ahorro de energía porque la recirculación del agua no opera sobre todo el período de cultivo. Además, el sistema evita el uso de

equipos de alto consumo energético como grandes unidades de filtración. El uso de paneles fotovoltaicos en el techo del galpón dio como resultado una reducción adicional en el consumo eléctrico. Cuando el ciclo RAS (Ciclo 2) está activo en el diseño propuesto, solo una bomba está trabajando. Esto aumenta la simplicidad del sistema, reduce el riesgo de

falla de múltiples componentes y reduce el consumo de energía. La Figura 7 resume la

reducción de energía y cómo se puede implementar de manera sostenible para alcanzar

costos mínimos y el menor impacto ambiental.

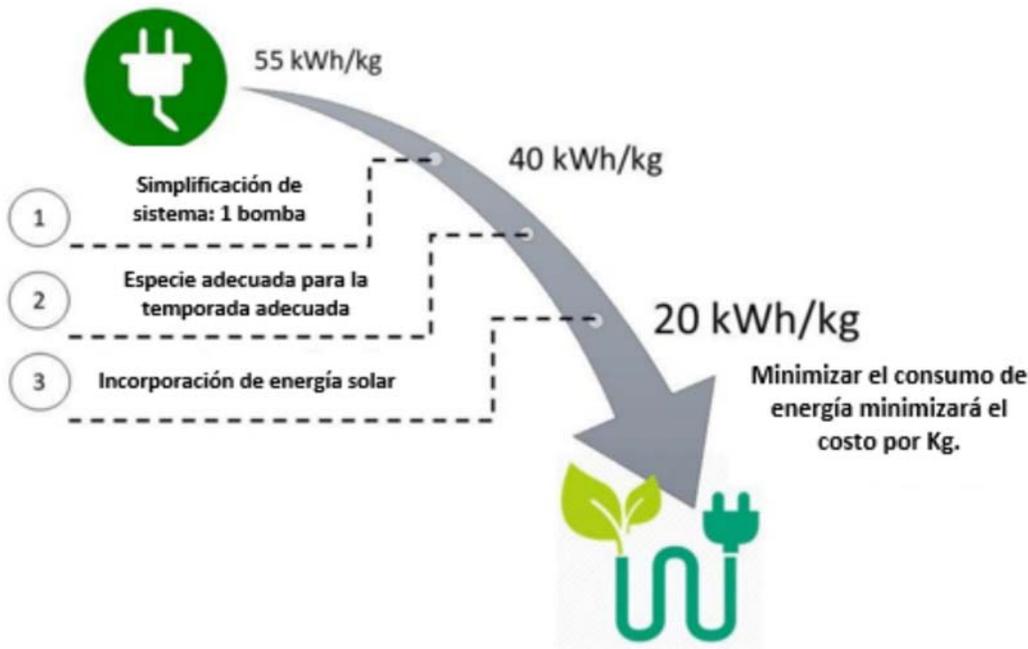


Figura 7. Consumo y reducción de energía

Calidad del camarón

Se cosecharon camarones de muy buen aspecto, color transparente, sanos y de alta calidad (figura 8). El sistema de cultivo y recirculación produjo camarones sin utilizar productos químicos ni antibióticos. Los desechos de los camarones fueron trasladados fuera de la granja para ser

secados al sol y utilizado para la alimentación de pollos. El cambio del sistema tradicional de descarga logró reducir las aguas residuales de 3000 L a solo 30 L por día.



Figura 8. Camarones Cosechados.

Costos Iniciales de Inversiones y Costos Operacionales

En esta sección se dan a conocer los costos iniciales de inversión y costos operativos de esta novedosa granja prototipo. El modelo financiero presentado basa sus precios en USD para hacer posible una comparación global. Los costos iniciales de las inversiones serían menores a medida que el proyecto se amplíe para producir más. Los resultados mostrados en la Tabla 6 se basan en la granja prototipo de 17 toneladas por año construida en Tabuk. El costo total de producción por kilo de

camarón se ve drásticamente afectado por la cosecha técnica utilizada; en este experimento, se adoptó un escenario de cosecha de tres pasos. La primera cosecha a los 90 días, al 25% de la capacidad con un peso medio de 13 g. La segunda a los 105 días, a otro 25% de la capacidad total y peso promedio de 18 g. La tercera cosecha a 120 días, para el 50% restante de la capacidad total a 23 g de peso promedio por camarón.

Basado en el precio de venta de USD 16,00 por kilogramo de camarones en Arabia Saudita, el retorno de inversión se estimó en 28,15%, con un período de recuperación de la inversión de 2,9 años.

CONCLUSIÓN

Este documento presentó el diseño y la construcción de una granja inteligente y sostenible basada en el concepto de acuicultura híbrida que combina las ventajas del sistema acuícola de recirculación (RAS) y la descarga de agua cero (ZWD). Las preocupaciones de sostenibilidad incluyen la protección de la calidad del agua, la reducción del consumo de energía, la bioseguridad y la calidad de los animales cultivados. Se utilizó tecnología inteligente para lograr la sostenibilidad de la finca a través de: (i) monitoreo en tiempo real de los parámetros de calidad del agua y el proceso de cultivo; (ii) uso de la automatización para asegurar un proceso de cultivo óptimo. La desventaja de combinar estos dos sistemas en uno sería la pérdida de independencia de los tanques de cultivo proporcionadas por un ZWD tradicional (sistema biofloc). Además, al conectar todos los tanques, existe un mayor riesgo de propagación de enfermedades a otros tanques. Esto se ve mitigado por una alta bioseguridad. Los resultados mostraron (i) una alta tasa de sobrevivencia de los camarones (alrededor del 90%) sin usar productos químicos, (ii) un reciclaje eficiente de los desechos, (iii) un excelente control de los parámetros de calidad del agua y (iv) un consumo de energía reducido.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original, "Smart and Sustainable Aquaculture Farms" escrito por: Kassem, Taher, Isam Shahrour, Jamal El Khattabi, y Ahmad Raslan. Publicado originalmente en: *Sustainability*, Vol. 13, No. 19: 10685. Puede acceder a la versión original del artículo a través del siguiente enlace: <https://doi.org/10.3390/>

Costo Total de Inversión	USD 26.43/kg
Galpón y Edificio Administrativo	76%
Sistema de Tubería y Calefacción	6%
Sistema Inteligente	6%
Sistema de Cultivo	10%
Proyecto e Instalación	3%
Costos Fijos Totales	USD 4.87/kg
Depreciación	34%
Mantenimiento	17%
Salario Encargado de Granja	4%
Electricidad	41%
Costos de Mano de Obra	1%
Costos Personal de Cosecha	1%
Costos Personal de limpieza	1%
Transporte	1%
Total Costos Variables	USD 2.87/kg
Alimento	68%
Prebióticos y Probióticos	4%
Post-larvas	25%
Transporte de Post-larvas	1%
Costos de Cosecha	2%
Total Costos de Producción	USD 7.73

Tabla 6. Costo Total de Inversión, Costos Fijos Totales, Costos Variables Totales y Costo Total de Producción. Incluido el desglose porcentual de cada categoría.

LA IMPORTANCIA DE LA MUDA EN ENGORDE DE CAMARONES

Daniel Lemos¹ y Delphine Weissman²

¹Laboratório de Aquicultura (LAM), Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo e Ubatuba (SP), Brasil. Email: dellemos@usp.br

²ADM-NEOVIA, Francia. Email: delphine.weissman@adm.com

La ecdisis depende de procesos fisiológicos concatenados, de buena calidad de agua durante el proceso de cría y estado nutricional adecuado de los camarones. El crecimiento muscular y la acumulación de los nutrientes de reserva se producen principalmente durante el período de intermuda. En la premuda, el nado y la alimentación siguen siendo regulares la mayor parte del tiempo, reduciéndose gradualmente la actividad de la



alimentación con la proximidad de la muda en sí. La muda representa un ritual fisiológico que consume mucha energía y por lo tanto implica desafíos para los camarones a lo largo de su ciclo de cría, recordando que las especies de camarón evolucionaron en un ambiente relativamente estable en la naturaleza (Dall *et al.*, 1990). El manejo de la muda en una población de camarones cultivados puede considerarse difícil, aunque las mudas en masa pueden ser vistas con cierto grado de éxito (Molina, 2009).

MUDA: PASOS PARA INTERCAMBIAR DE EXOESQUELETO O CAPARAZÓN

La postmuda y la premuda se intercalan en una fase “independiente” de efectos fisiológicos y conductuales de la muda, la intermuda, que es cuando la actividad de alimentación es continua y la mayor parte del crecimiento muscular se produce en el ciclo. Sin embargo, en cuanto a la duración de las fases, la premuda (preparación) es la más larga, comprende hasta el 70% del ciclo de muda en camarones (Dall *et al.*, 1990; Lemos y Phan, 2001). La muda en sí es muy rápida y depende de un estado fisiológico adecuado del camarón, mientras que la

postmuda también es relativamente corta, en comparación con la premuda e intermuda. Durante todo el ciclo de cría, el camarón debe suplir sus necesidades con reservas corporales de hasta 10% del tiempo, una vez que se disminuye o se interrumpe la actividad alimentaria en parte de las fases premuda y postmuda.

PREMUDA Y MUDA

Como se mencionó, la preparación para la muda representa la mayor parte del ciclo de vida del camarón. La premuda es una fase dinámica en la cual las actividades de nado y alimentación deben ocurrir concomitantemente con procesos fisiológicos que resultan en la preparación para la correcta realización de la muda (Tabla 1). Al comienzo de la fase premuda, el camarón comienza a prepararse para la muda con la acumulación de nutrientes en el hepatopáncreas, órgano central para la digestión y reserva en camarones, y en el músculo.

Durante la premuda, la epidermis segrega un nuevo caparazón (exoesqueleto) debajo del anterior, de modo de forzar la eliminación del viejo durante la muda misma. La actividad de alimentación comienza a declinar hacia el final de la premuda, y se acompaña de un aumento en la tasa metabólica, que se duplica durante la muda misma, ya que incluye pulsos de actividad. Bajo un estado fisiológico adecuado, el camarón es capaz de deshacerse de su antiguo exoesqueleto en segundos o unos pocos minutos.

POSTMUDA

El inicio de la postmuda es una fase crítica cuando el camarón está muy

expuesto al medio ambiente; una cantidad relativamente grande de agua es absorbida por el cuerpo y el exoesqueleto aún no está endurecido. Este período puede durar algunas horas hasta que el exoesqueleto esté firme y permita movimiento y protección física. La cantidad de agua absorbida en la postmuda determinará el tamaño máximo de los camarones hasta la próxima muda y la mayor parte de esta incorporación tiene lugar durante el comienzo de la postmuda (Chang, 1992). La sustitución del agua absorbida en el cuerpo por masa muscular (crecimiento) ocurre principalmente en la intermuda, entre el final de la postmuda y la premuda.

Estadio o subestadios	Observaciones
Premuda	
D0, D1	Niveles elevados de hormonas de muda. Aumento del volumen del hepatopáncreas (acumulación de reservas). El control hormonal desencadena la formación del nuevo exoesqueleto.
D2	Reducción de la actividad alimentaria, aumento del consumo de oxígeno. Disminución de la capacidad osmorreguladora.
D3	Se interrumpe la alimentación.
D4	Comienzo de la absorción de agua en el cuerpo. Las reservas de nutrientes tienden a agotarse.
Muda (E)	
Los camarones se deshacen rápidamente del viejo exoesqueleto (en individuos sanos).	
Postmuda (A-B)	
Endurecimiento del nuevo exoesqueleto. Comienza la reposición de agua absorbida por el tejido corporal. Alto consumo de oxígeno. Se reinicia la actividad de alimentación (subetapa B).	
Intermuda (C)	
Fase de gran proliferación celular, alimentación intensa y continua. Construcción muscular y acumulación de reservas de nutrientes en el cuerpo.	

Tabla 1: Aspectos fisiológicos y conductuales durante el ciclo de muda del camarón

El nuevo exoesqueleto, aún suave y elástico, se expande por la incorporación del agua y este proceso implica una mayor demanda de energía para el movimiento de líquidos a lo largo del cuerpo del camarón (Zhu *et al.*, 2004; Wei *et al.*, 2009). Siendo así, además de una fase crítica, con los camarones más expuestos al medio ambiente y relativamente desprotegidos, la postmuda requiere energía extra para la síntesis y mineralización del caparazón.

INTERMUDA

El desarrollo muscular (en lugar del agua absorbida durante la postmuda) y la acumulación de reservas requiere actividad de alimentación intensa y continua. La fase de intermuda comprende poco más del 20% del ciclo de engorde, y representa la mayor parte del crecimiento del ciclo total.

ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN LA MUDA EN EL CULTIVO

Si, por un lado, la muda se somete a un control endógeno, por otro lado, varios factores externos como temperatura, salinidad, estado nutricional y composición química del agua pueden combinarse e

incluso anular la regulación hormonal (Ira, 2001). Por lo tanto, como requisito previo para aumentar masa corporal, los camarones solo pueden crecer si la muda está coordinada con los cambios ambientales y nutrición adecuada (Hou *et al.*, 2011).

Como principal variable física limitante para la producción en sistemas de cría intensivos de animales acuáticos, el oxígeno disuelto (OD) es obviamente crítico para la realización de la muda y para el éxito del cultivo de camarón. Los productores son conscientes de la importancia de mantener altos niveles de OD en los estanques, especialmente en los períodos en que se produce la muda en gran parte de la población de los camarones. Además de esto, la absorción elevada de agua en el cuerpo del camarón durante la muda requiere de una calidad de agua adecuada en los estanques de cría. Por ejemplo, niveles tóxicos de compuestos nitrogenados y sulfurados en el agua y el suelo, como resultado de un manejo inadecuado de los estanques, afectan gravemente el rendimiento de los camarones, así como su respuesta inmune contra patógenos durante la muda (Mugnier y Justou, 2004).

Como ya se mencionó, condiciones adecuadas para la salud y nutrición asociadas con la calidad del agua son muy importante para la muda de los camarones. El endurecimiento del exoesqueleto depende de la disponibilidad de nutrientes, tanto los presentes en el agua y los provenientes de reservas, un proceso que consume energía. Los camarones recién mudados necesitan endurecer su caparazón lo antes posible, ya que las posibilidades de canibalismo de un individuo con poca protección física externa y movimiento limitado son bastante significativas (Prangnell y Fotedar, 2005). Además, los fluidos de la muda, dispuestos entre los exoesqueleto viejo y nuevo, que contiene productos de parte del exoesqueleto antiguo reabsorbido (por ejemplo, aminoácidos, enzimas, exoesqueleto hidrolizado), se perciben como fuertes alimentos estimulantes y atrayentes para el canibalismo (Song *et al.*, 2017).

La literatura sobre el tema sugiere que la tasa de crecimiento no está directamente relacionada con la duración del ciclo de muda. Por lo tanto, una mayor frecuencia de mudas no necesariamente resulta

en un mayor crecimiento. Por ejemplo, la reducción rápida de la salinidad o el aumento de la temperatura puede aumentar la tasa de mudas en los camarones, aunque con un efecto negativo sobre el crecimiento (Allan y Maguire, 1992; Chen *et al.*, 1992). El crecimiento de los camarones depende de su capacidad para restaurar la masa muscular, lo que incluye disponer de nutrientes para eso. En este sentido, la inhibición de la muda puede ser causada por la continua falta de alimentos (Anger, 2001).

¿QUÉ EVENTOS PUEDEN INDUCIR LA MUDA?

La información científica y práctica sugiere diferentes tipos de estrés como inductores de muda en camarones. La aceleración del ciclo de muda puede resultar en un aumento de la mortalidad y reducción del crecimiento, según el estado sensible del individuo en muda. Reducción rápida de la salinidad, recambio de agua, disminución del volumen del estanque, aumento de temperatura (por ejemplo, relacionada con el drenaje parcial) y suplementación de minerales en el agua son situaciones que han sido observadas y utilizadas por los criadores para estimular

la muda (Abdussamad y Thampy, 1994; Rao y Anjaneyulu, 2008; Son *et al.*, 2011). Sin embargo, en términos fisiológicos, es claro que un camarón bien nutrido mudará como parte de un ritual de crecimiento y, en este caso, el principal evento para desencadenar el proceso de muda sería la limitación física del exoesqueleto para un crecimiento continuo.

Algunas publicaciones sugieren que el ciclo de muda puede verse afectado por las fases de la luna (Panakorn, 2018; Molina, 2009; Franke y Hoerstgen-Schwark, 2013). Aunque no hay consenso, hay evidencia de que la muda en camarones cultivados puede ser más intensa durante luna nueva, que tendría sentido evolutivo como una posible protección a los depredadores de los camarones recién mudados, que tienen menos capacidad de movimiento y un caparazón aún no endurecido. Por otro lado, el momento de la muda es muy difícil que suceda en toda la población de camarones de un estanque, por lo que el consumo de alimento tiende a fluctuar durante todo el ciclo de cultivo (Jory *et al.*, 2001).

Observaciones en estanques comerciales

(*Litopenaeus vannamei*) reportan ocurrencia de muda en aproximadamente el 50% de la población con la luna en el último cuarto y hasta el 80% en luna nueva (Molina, 2009). Así, algunos productores consideran el estado de la salud y la nutrición de los camarones como críticos desde el último cuarto menguante, para que haya éxito en el proceso de muda. Se cree que si los camarones no están lo suficientemente sanos en esta etapa, puede ocurrir una mortalidad significativa en el siguiente período de luna nueva. Además, también se consideran los efectos de luna llena y mareas sobre la población cultivada (Panakorn, 2018). Una conclusión relativamente obvia sobre la imposibilidad de sincronizar la muda en una población durante una determinada fase lunar, es que el tiempo total de un ciclo de muda varía con el tamaño del camarón y eso esto no necesariamente coincidiría con el calendario lunar. Por ejemplo, un individuo de 5 gramos mudaría en un intervalo de 5 a 7 días, mientras que un individuo de 20 gramos puede mudar cada 14 días o más (Dall *et al.*, 1990).

EL COMPORTAMIENTO DEL CAMARÓN

El comportamiento específico relacionado con la muda tiende a comenzar la noche anterior. El acto de enterrarse más de lo habitual en esta etapa, indica la importancia de suelos de buena calidad en los viveros. El proceso de la muda en sí incluye pequeños saltos y movimientos musculares bruscos de los camarones para deshacerse del exoesqueleto viejo, principalmente, rompiendo el exoesqueleto en la unión del cefalotórax (cabeza) con el abdomen. El camarón recién mudado se mantiene en el fondo y se queda quieto, este es el momento más vulnerable para el canibalismo. El reinicio del movimiento y nado ocurre al final de la postmuda (subetapa B), por lo general, una noche después de la muda el comportamiento del movimiento y el patrón de alimentación se restablece. La ingesta de la muda o parte de ella se puede observar en situaciones de restricción nutricional, ya sea por falta de alimento, como por déficit de nutrientes, principalmente minerales, en el agua o alimento.

Las observaciones en fincas sugieren que el suministro de alimento debe reducirse entre un 10 y un 30% los días en que se pronostican episodios de muda masiva

(Panakorn, 2018). En este sentido, al predecir episodios de mudas masivas, se deben asegurar altos niveles de oxígeno disuelto y minerales claves en el agua del estanque. El consumo del alimento puede aumentar en un 20% en el período comprendido entre la postmuda y el comienzo de la nueva premuda. La producción de *L. vannamei* en viveros durante 60 días mediante monitoreo y pronóstico de mudas en la población fue capaz de promover una reducción en el factor de conversión y ahorro de alimento de hasta un 30% (Molina, 2009). Los resultados de este experimento coinciden con observaciones de producción comercial, donde las reducciones en consumo de alimento (por observaciones en bandejas) fueron verificadas a intervalos de 20-30 días durante el ciclo de engorde, lo que correspondería a períodos de alto porcentajes de muda de camarones en la población del estanque (Jory *et al.*, 2001). La reducción del alimento se ha recomendado al 20-30% en periodos de muda de una parte de la población, y hasta un 50% cuando la muda es masiva (Mohanty, 2001).

Confirmando la naturaleza nocturna de la muda, las observaciones de laboratorio registraron los siguientes horarios de muda en una población de camarones: de las 18:01 a las 00:00, 44% de la población; de las 00:01 a las 06:00, 34%; de las 06:01 a las 12:00, 16% y desde las 12:01 a las 18:00, 6% de la población (Parado-Estepa *et al.*, 1989). Se destaca la importancia de niveles adecuados de OD en el agua del estanque a primera hora de la mañana, cuando pueden ocurrir niveles bajos (dependiendo de la densidad de productores primarios), en relación con las horas predominantes de ocurrencia de muda en camarones.

CAMBIOS FISIOLÓGICOS EN EL CAMARÓN.

Como se describió anteriormente, la postmuda es un período sensible al camarón, sujeto a desequilibrios fisiológicos y enfermedades. En la premuda, las reservas corporales de nutrientes aceleran su agotamiento entre las subetapas de la muda D2 y D4, así como colesterol, un nutriente esencial para los camarones, por ser precursor de hormonas de muda y por participar en la construcción de membranas células y el

crecimiento (Kumar *et al.*, 2018). Los carbohidratos son almacenados como glucógeno en el hepatopáncreas, aumentando desde la postmuda hasta la intermuda (Bonilla-Gomez *et al.*, 2013), siendo liberado en el sistema circulatorio (hemolinfa) como glucosa, una fuente de energía circulante que se vuelve particularmente importante con el aumento de la demanda de energía durante la premuda. También está clara la importancia de un suministro adecuado de proteínas en la dieta (formación de masa muscular y exoesqueleto, enzimas digestivas y hormonas), lípidos (reserva energía, componente de membranas y hormonas), carbohidratos (glucosa, energía y síntesis de quitina) y minerales (calcio,

magnesio, fósforo en la composición del exoesqueleto y cobre para hemocianina) para la realización adecuada del ciclo de la muda.

El calcio y magnesio corporal son altamente consumidos entre la premuda y postmuda. La dinámica de los niveles minerales obviamente depende de la salinidad del agua; la absorción de minerales del agua a través del transporte de iones activos tiende a ser mayor en camarones criados en aguas oligohalinas, que también implica un mayor gasto energético. Del mismo modo, los aminoácidos juegan un papel importante en la síntesis muscular, exoesqueleto (12% proteína, en peso seco) y enzimas digestivas. La disposición del exoesqueleto viejo,

después de la muda, representa una pérdida de su contenido de nutrientes.

RESPUESTA INMUNE Y RESISTENCIA

La actividad de la enzima fenoloxidasas (involucrada en recuperación de heridas, defensa inmunológica, formación de exoesqueleto) es importante para la muda y disminuye en bajas salinidades, mientras que su aumento se registra de acuerdo con el contenido de OD, y el OD bajo puede afectar la respuesta inmune y la resistencia a *Vibrio sp.* (Liu *et al.*, 2004). Una mayor vulnerabilidad de los camarones a la enfermedad de la mancha blanca (WSSV) se ha demostrado durante la postmuda (Corteel *et al.*, 2009) y la premuda en baja salinidad (Thuong *et al.*, 2016). La cantidad relativamente alta de agua absorbida en el cuerpo de los camarones durante la muda representa un alto riesgo para la adquisición del virus y coincide con una fase de menor inmunodeficiencia. Otras enfermedades como el síndrome de Taura y *Vibrio sp.* se reportan con mayor mortalidad durante las fases de premuda y postmuda en comparación con la intermuda (Tabla 2).



Camarón marrón *Farfantepenaeus aztecus*, con exoesqueleto desechado.

Fuente: <http://glaucus.org.uk/Ecdysis.htm>.

Nutrientes/respuesta inmune	Observaciones
Colesterol	Nutriente esencial y precursor de las hormonas de la muda. Almacenado en el hepatopáncreas.
Aminoácidos	El contenido corporal varía según las etapas de la muda: arginina, histidina, leucina y treonina aumentan desde la postmuda hasta la premuda; metionina puede disminuir durante la muda. Principales en el exoesqueleto: ácido glutámico, ácido aspártico, glicina, alanina, prolina, fenilalanina, arginina, valina, leucina y treonina.
Carbohidratos	Almacenado como glucógeno en el hepatopáncreas, liberado en la hemolinfa como glucosa, es decir, energía circulante. Niveles corporales reducidos después del cese de la actividad alimentaria.
Fenoloxidasa	Incremento entre postmuda e intermuda, mayor actividad en alta salinidad.
Glutación peroxidasa	Aumento de la expresión durante la premuda.

Tabla 2: Dinámica de nutrientes y respuesta inmune en camarones de acuerdo con las etapas del ciclo de muda.

CONCLUSIONES

La muda, es un proceso fisiológicamente coordinado que consume mucha energía e impone desafíos regulares a lo largo de la vida de un camarón. La muda representa una prueba periódica de desempeño que determina la sobrevivencia y el crecimiento. Su naturaleza compleja, integrando control hormonal y nutrientes endógenos, combinados con diferentes tipos de estímulos ambientales, sugiere la dificultad de controlarla en los estanques. El manejo de la muda en poblaciones de camarón cultivado aún no es un procedimiento

preciso, debido a la falta de sincronismo del ciclo de muda entre individuos, así como por la dificultad para identificar camarones en los sistemas de cultivo. Por otro lado, ofrecer las mejores condiciones ambientales y los suplementos nutricionales pueden permitir una muda adecuada y dar como resultado ganancias de eficiencia.

La posible incidencia de patógenos en el entorno de la cría también significa una complicación adicional al desafío de la muda para los camarones. Es importante recordar que, en el medio natural, donde evolucionaron los

camarones, la densidad y el riesgo de patógenos es generalmente mucho menor que en una población de camarones de cultivo, y lo mismo se aplicaría al riesgo del canibalismo. Teóricamente, la mejor estrategia para la producción de biomasa en los camarones incluiría una frecuencia reducida de muda y un largo período de intermuda con mayor acumulación de masa en lugar de mudas más frecuentes, lo que representaría más desafíos y mayor costo de energía para el crecimiento.

Bibliografía a disposición por el autor.

Nota: Artículo publicado originalmente en la revista Panorama da Aqüicultura, 2021, Vol. 30, Edición 179. Puede acceder a la versión original en: <https://panoramadaaquicultura.com.br/a-importancia-da-muda-na-engorda-de-camaroes/>

CONVERSANDO CON PEDRO CADENA, UN EJEMPLO DE SUPERACIÓN Y EXCELENCIA EN EL ENGORDE DE CAMARÓN

Equipo Editorial de la SVA

Damos inicio a esta sección para conocernos mejor en el sector acuícola, acercándonos a los productores, investigadores y emprendedores. Tenemos la clara misión de dar visibilidad y reconocimiento a quienes han sabido labrarse un lugar dentro de la Acuicultura Venezolana.

Es con mucha alegría que le presentamos a Pedro Cadena, Gerente de Producción de la Camaronera Inversiones Marinas del Lago (INMARLACA).

PRIMEROS AÑOS

Pedro Antonio Cadena Cuadro, nuestro personaje, nació en Machiques de Perijá, estado Zulia, un 14 de junio de 1977. Vino al mundo en el seno de una familia de muy bajos recursos. Sus padres, de origen colombiano, tuvieron siete hijos, siendo Pedro el quinto. En su casa le impusieron principios como la tolerancia, el trabajo duro y la empatía que le han sido de gran utilidad a lo largo de su vida.

Desde pequeño debió trabajar para contribuir con la economía de la casa. Ya a los 8 años vendía empanadas. Cumplía labores diversas para asegurar ingresos para el hogar, aplicando sus facilidades manuales. Las dificultades económicas hicieron que tempranamente abandonara los estudios, habiendo alcanzado apenas el segundo año de bachillerato.

DESEMPEÑO PROFESIONAL

Tempranamente se desempeñó como jornalero y contratista para diversas fincas en el área de Machiques y El Tocuco,

ejecutando labores afines a las actividades agropecuarias que tradicionalmente se desempeñaban.



Se vinculó a INMARLACA en marzo de 2003, como cosechador eventual. Entró formalmente a la nómina de la empresa el 18 de julio del mismo año, como obrero asignado al armado de cosechas. Por esa necesidad económica imperante para atender las necesidades familiares, Pedro no tenía reparos en trabajar horas extras y jornadas adicionales, lo cual no pasó desapercibido para sus superiores. Fue así que, en octubre, el Biól. Osmán Fernández le dio una oportunidad de oro que supo aprovechar. Recuerda que en la piscina 90 le preguntó si quería ser supervisor. La respuesta positiva fue seguida por otra interrogante: ¿Sabes nadar? Ante una nueva afirmación, el reto estaba planteado: debía, a modo de desafío de iniciación, preparar las tablas de una piscina con un nivel de agua de 14 tablas. En ese momento, la necesidad de sembrar rápido las piscinas exigía eventualmente armar el sello de las compuertas con piscinas llenas, lo cual es sumamente difícil y no exento de riesgos.. Ante la prueba superada ya el cargo era suyo, iniciando una senda llena de desafíos y satisfacciones, pero sobre todo de constante superación.

Como supervisor estaba a cargo de 15 piscinas. Los buenos resultados obtenidos le ganaron la confianza de sus superiores. Por ello, en diciembre quedó momentáneamente encargado de toda la zona B de la granja, con 412 lagunas bajo su responsabilidad, unas 1.180 Ha.

En marzo del 2004 se presentaron problemas en la piscina 141, de su sector, apareciendo camarones muertos, abundancia de aves acuáticas comiendo el camarón aletargado, seguido de manchas en el camarón sobreviviente. Poco después supieron que enfrentaban una de las panzootias más severas que ha afectado la camaronicultura global, el Taura (TSV), Esta virosis se convirtió en un golpe letal para muchas camaroneras, incluso nacionalmente, dado que reducía abruptamente la productividad de las piscinas. De hecho, INMARLACA prácticamente quedó seca en ese entonces; sólo dos piscinas, 98 y 99, mantuvieron camarones, recuerda Pedro.

Sobrevivir al Taura exigió a la finca hacer cambios dramáticos en muchos aspectos, entre ellos su estructura laboral. Hasta entonces, la conducción

técnica de la camaronera estaba en los hombros de asesores foráneos. El Gerente de Producción era el norteamericano Louis Hamper, quien contaba entre sus gerentes de áreas con el ecuatoriano Nivaldo Espinoza y los colombianos María Claudia Baquero, Sergio Rojas y Saudi Roa. Toda esa plantilla salió. De 800 trabajadores que tenía la granja en ese momento, se quedaron con apenas 130. Lógicamente, fueron momentos de mucha exigencia, tanto en tiempo como en esfuerzos. Como resultado, Pedro desarrolló una hernia umbilical, requiriendo cirugía. Por ello, fue asignado al comedor. La necesidad de vincularse nuevamente a la faena productiva le llevó a desatender las recomendaciones médicas y en marzo de 2005 le pidió a Jorge Urdaneta, Asistente de Recursos Humanos, que lo reinstalara en el campo.

Para el 2007, la finca presentaba malos números productivos, entre 220 y 310 Kg/Ha/ciclo, motivando un nuevo reajuste en el equipo humano. Salió el Gerente General del momento, Jorge Márquez. Otras figuras pasaron por los cargos más altos, modificando los esquemas de trabajo, pero sin lograr el esperado repunte productivo. Entre 2010 y

2011 se planteó una nueva estrategia que parecía prometedora: dividir la granja en dos y encargar cada área resultante a los técnicos más preparados y rendidores. Fue así como las ocho zonas de la granja fueron divididas entre Pedro Cadena y Jorge

buen drenaje, pero le restringía el acceso al agua. Ese esquema de trabajo se mantuvo por dos años, para probar la consistencia de los resultados y los mismos favorecieron a Pedro Cadena. Fue así como en 2013 a Pedro se le asignó la responsabilidad como

El trabajo constante en mejorar los desempeños ha fortalecido a la empresa, la cual lo recompensó nombrándolo Gerente General en 2016. Al preguntarle sobre las claves de su éxito, Pedro nos dice sin dudar que es un trabajo de equipo, sabiendo



Martínez, excelente profesional de origen ecuatoriano. Cada área tenía sus bondades y perjuicios, que cada encargado debía manejar. A Pedro le correspondía la parte alta (correspondiente a las zonas E, F, G y H), lo cual era ventajoso para las cosechas y siembras, por el

Gerente de Producción de toda la finca. A pesar de que adquiría obligaciones cada vez mayores, Pedro no perdía contacto con el campo, siendo común verlo en moto por la granja, evaluando y en ocasiones ejecutando directamente los procesos requeridos.

escuchar a su personal, motivándolo, ha logrado que cada uno dé su mejor esfuerzo en pro de los objetivos de la organización. “Las ideas que se han aplicado exitosamente han surgido de todos los compañeros, en conversaciones con ellos”, nos dice con humildad.

Pero lo que resulta evidente es un liderazgo sólido, que se ha forjado en el campo, y que le ha concedido a nuestro personaje una gran ascendencia en su personal.

Han sido muchos años de aprendizajes y mejoras en los desempeños productivos que han permitido expandir la superficie cultivada de INMARLACA, a la vez que se han venido incrementando las productividades.

FAMILIA

Su primer matrimonio le obsequió un hijo, quien ahora tiene 19 años. De una

segunda unión conyugal, Pedro ha sido bendecido con dos hijos, que ya tienen 19 y 8 años, respectivamente. Pedro se declara como una persona compenetrada con su familia.

NUEVOS PROYECTOS

Aprovechando la iniciativa de capacitación para el recurso humano que concibió INMARLACA, Pedro logró de manera reciente completar su bachillerato. Más aún, está matriculado en el Programa de Formación en Ciencias Agroalimentarias, creado gracias al impulso del

Grupo Lamar y el respaldo de la Universidad Bolivariana de los Trabajadores, el cual egresará acuicultores. Por supuesto que el proyecto principal es mantener a INMARLACA como la principal referencia nacional en camaronicultura.

Agradecemos la oportunidad de este acercamiento que nos permitió conocer más sobre el colega y amigo Pedro Cadena, para quien deseamos una larga carrera productiva, donde abunden los éxitos y satisfacciones.



LAS PERSPECTIVAS DE LA **TECNOLOGÍA DE BIOFLOC (BFT)** PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA ACUICULTURA

INTRODUCCIÓN

En el pasado reciente, el sector de la pesca de captura suministró suficiente pescado para el consumo humano y promovió la estabilidad socioeconómica general en la mayoría de los países en desarrollo. Hoy en día, el sector de la pesca de captura no puede suministrar suficiente pescado para la creciente población humana, de ahí la necesidad de tecnologías de producción acuícola sostenibles para cerrar la brecha en el suministro de pescado. En los países en desarrollo, la acuicultura ha sido reconocida como un medio más rápido para mejorar la subsistencia y el crecimiento económico. Sin embargo, el sector de la acuicultura todavía se caracteriza por una baja productividad debido a la falta de insumos de calidad y malas tecnologías de cultivo. La baja producción de pescado ha contribuido a un menor consumo de pescado per cápita de < 5 kg/persona/año en la mayoría de los países en desarrollo en comparación

con 20 kg/persona/año en los países desarrollados. Este artículo aboga por crear un paradigma de producción acuícola y cambiarlo hacia un modelo innovador, sistemas acuícolas altamente productivos, rentables y ecológicos.

La tecnología Biofloc (BFT) es una tecnología climáticamente inteligente que funciona sobre la base de la producción en masa de microorganismos in situ. A los microorganismos se les atribuye (i) mantener una buena calidad del agua, (ii) aumentar la viabilidad del cultivo al reducir la tasa de conversión alimenticia (TCA) y los costos de alimentación, (iii) bioseguridad; y (iv) secuestro de gases de efecto invernadero (GEI). Estas cuatro funciones biológicas de los microorganismos en unidades BFT son factores de alta producción acuícola, rentabilidad y protección del medio ambiente. Una fortaleza visible de BFT es que el costo de inversión inicial es menor que la mayoría de los sistemas

convencionales de producción de peces, porque solo se necesita luz solar, una fuente de carbono y, a veces, aireación. En Asia continental, los actores principales de la industria del camarón se han pasado a BFT.

Funcionalmente, el BFT se basa en un proceso heterótrofo donde los alimentos no consumidos, las heces y el exceso de nutrientes se convierten en bioflocs comestibles, también llamados proteínas de células individuales (PCI). En un sistema BFT eficiente, el costo del alimento se reduce en un 30% ya que cada gránulo se come básicamente dos veces (es decir, como alimento fresco y como PCI), lo que lleva a una alta productividad y rentabilidad de la acuicultura. Los bioflocs consumen amoníaco para fabricar sus propias proteínas, por lo que mantienen una buena calidad del agua en los sistemas de cultivo. El BFT requiere un cambio mínimo de agua en los sistemas acuícolas para mantener los

flóculos, permite altas densidades de población y una mayor productividad de los cultivos.

Este artículo presenta las perspectivas de BFT para el desarrollo de la acuicultura sostenible. Estudios académicos demuestran el potencial de BFT como una estrategia nutricional para maximizar la contribución de alimentos naturales y suplementarios en estanques de peces o camarones para lograr una acuicultura sostenible y seguridad alimentaria. También se ha demostrado

el potencial del BFT como una práctica de gestión e innovación tecnológica (TIMP) para lograr los objetivos de 'triple ganancia'; a) aumentar la producción de especies acuícolas, b) mejorar la resiliencia de los sistemas de producción, y c) uso eficiente de la energía, el agua, la tierra y la reducción de las emisiones de GEI.

BIOFLOCS Y PROCESO DE FLOCULACIÓN

Los bioflocs son macro agregados heterogéneos de

materiales planctónicos presentes en la columna de agua, que constituyen un consorcio de bacterias formadoras de flóculos, además de diatomeas, microalgas filamentosas, micro y macroinvertebrados, protozoos, materia fecal y alimento no consumido (Fig. 1). Los bioflocs forman la base de la cadena alimentaria en los ecosistemas acuáticos al convertirse en PCI. Por lo tanto son responsables del proceso inicial de ciclo de nutrientes en los ecosistemas acuáticos.

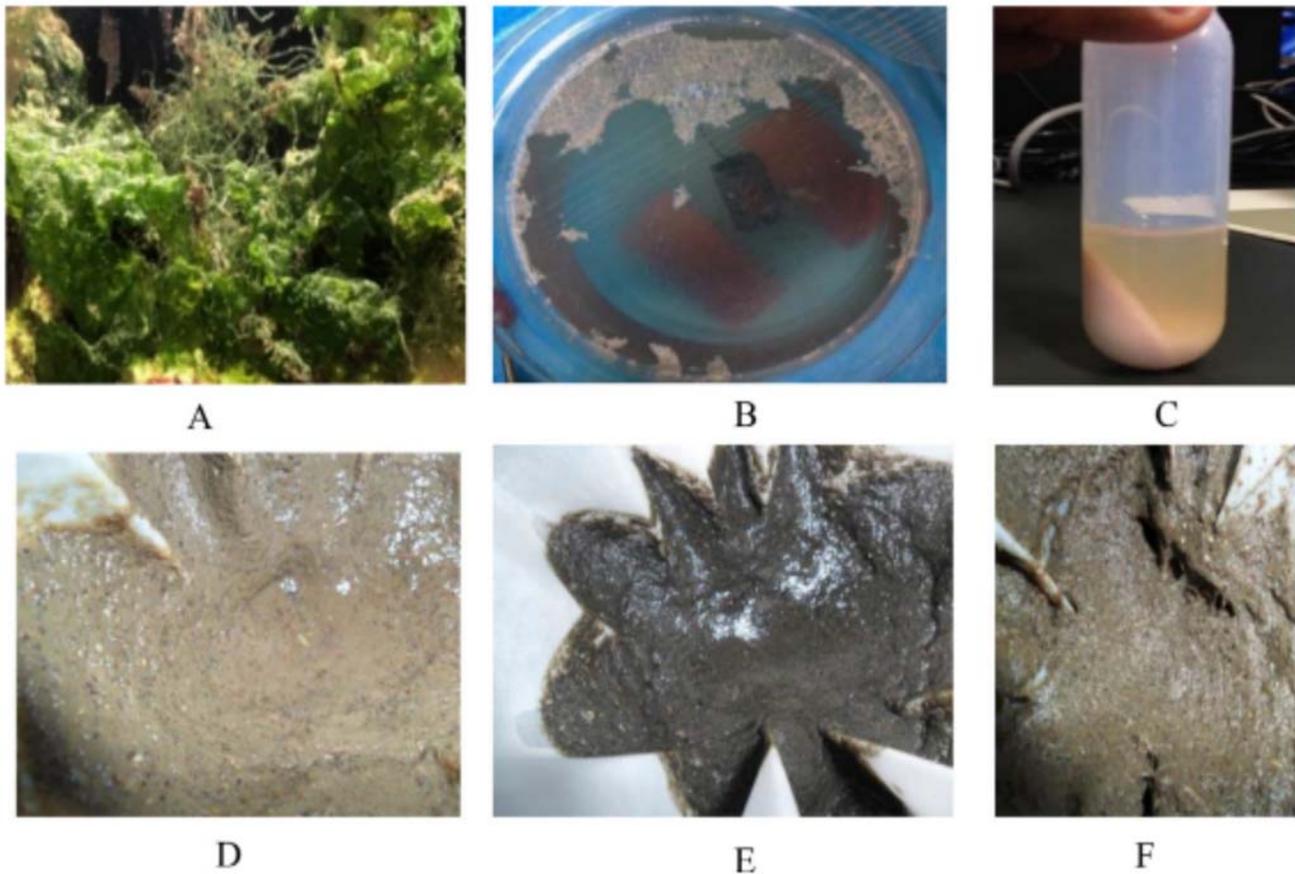


Fig. 1. Fotos de varias formas de bioflocs, A: amalgama de bioflocs, detritos y algas; B: bioflocs flotantes en tanques de plástico (espumas blancas); C: alta densidad de bioflocs después de la centrifugación; D: flóculos aeróbicos, E: flóculos anaeróbicos y F: flóculos anóxicos.

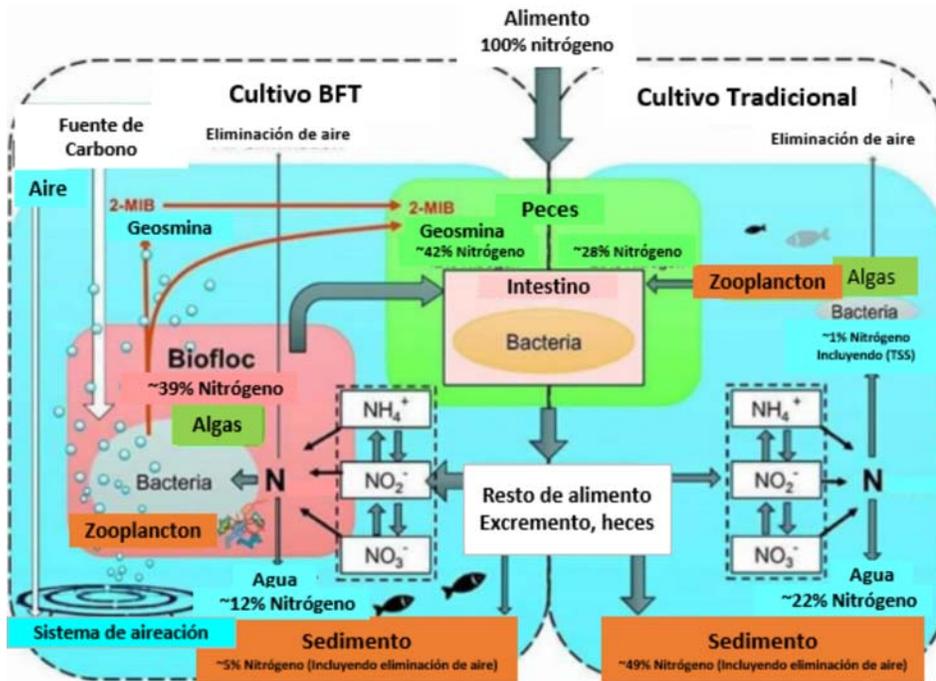


Fig. 2. Disposición de un estanque con tecnología biofloc y acuicultura tradicional que muestra procesos biológicos detallados. flóculos anaeróbicos y F: flóculos anóxicos.

Mecanismos de biofloculación

Los bioflocs normalmente colonizan nuevos sistemas poco después de la acumulación de desechos orgánicos. Las células microbianas forman flóculos a través de un complejo proceso físico, químico y biológico. Los flóculos suelen estar formados por polisacáridos, proteínas, compuestos húmicos, ácidos nucleicos y lípidos. En condiciones favorables, los agregados de biofloc varían en tamaño desde el microscópico hasta > 1 mm, que es similar al tamaño de la mayoría de los pellet de alimento para peces juveniles. En el proceso, los bioflocs se adhieren a los sustratos disponibles y crean esteras

que atraen a otros microorganismos acuáticos. Los peces de cultivo pueden pastar sobre la estera de microorganismos.

El concepto de BFT

El BFT funciona según el principio del reciclaje de nutrientes manteniendo una relación más alta de carbono/nitrógeno (C/N), por encima de 15 para estimular el crecimiento masivo de bacterias heterótrofas. Una relación de C/N más alta se mantiene cuando hay más fuentes de carbono, como melaza, mandioca, heno, caña de azúcar, almidón, salvado de trigo, celulosa, etc. En condiciones de BFT favorables, se pueden obtener hasta 0,5 g de biomasa bacteriana

heterótrofa/g sustrato de carbono producido. Con la información de que 1 g de carbono produce 0,5 g de bacterias, los productores pueden estimar cantidades de flóculos en los sistemas de cultivo. El proceso de biofloc estimula el crecimiento natural de organismos macro agregados que mejoran la auto nitrificación en el agua de cultivo. En los sistemas BFT al aire libre, la vía fotosintética que produce las algas normalmente precede al proceso de biofloc. Las algas proporcionan un sustrato al que se adhieren los bioflocs y, por lo general, se denominan bioflocs verdes. En condiciones interiores, los bioflocs son principalmente bacterias y se conocen como bioflocs marrones. Con la adición de una fuente de carbono adecuada los biofloc estimulan una línea de producción secundaria que implica la degradación de los desechos orgánicos por bacterias para producir miles de millones de células bacterianas (ciclo heterotrófico) en condiciones óptimas de aireación. Durante este proceso, autótrofos y bacterias heterótrofas proliferan y atraen miles de millones de otras células, incluidas diatomeas, hongos, algas, protozoos y diversos tipos de plancton.

Los estanques de acuicultura tradicionales carecen de fuente de inyección de carbono, mecanismos de aireación y, por lo tanto, alberga menos comunidades bacterianas y

menos diversas, a diferencia de BFT. Pequeñas cantidades de bacterias no pueden formar flóculos sustanciales en el sistema de cultivo. El sedimento de las lagunas tradicionales

acumula mayor cantidad (49%) de residuos nitrogenados mientras que los sedimentos del estanque BFT tienen menos (5%) desechos nitrogenados (Fig.2).

ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS BFT

Montaje de tanques y estanques

Los tanques BFT de bajo costo se pueden fabricar utilizando un marco de malla de alambre con revestimiento de plástico para retener agua (Fig. 3A) o puramente muros de hormigón (Fig. 3B). Una pendiente de 20 - 22° desde el área de borde se crea hacia el centro del tanque donde se monta una tubería de drenaje central para facilitar la descarga del exceso de lodo. Luego se introducen tuberías de aireación en el tanque conectadas a piedras difusoras. El tanque se llena con agua y se ensombrece con un material apropiado, si es necesario.



Fig. 3. Proceso de construcción del tanque BFT utilizando malla de alambre (A) y material de hormigón (B). Imagen cortesía del Sr. Debtanu Barman (CEO Aqua-Doctor Solutions Co. Ltd, India).

Estanque establecido

Técnicamente, los estanques de tierra tradicionales sin material de revestimiento se pueden convertir en sistemas de biofloc para mejorar la productividad. Los estudios han demostrado que los microbios ligados al suelo

son importantes para la función biológica del sistema. Sin embargo, existe la necesidad de inocular la comunidad bacteriana probiótica (especialmente *Bacillus* spp.) en el sistema del estanque y mantener un nivel óptimo de oxígeno

disuelto de 5 - 8 mg/L. El estanque está construido sobre el nivel del suelo, con ancho de terraplén superior de 1 m e inferior de 5 m. La profundidad en los extremos de 1,5 m y en el centro de 2 m.

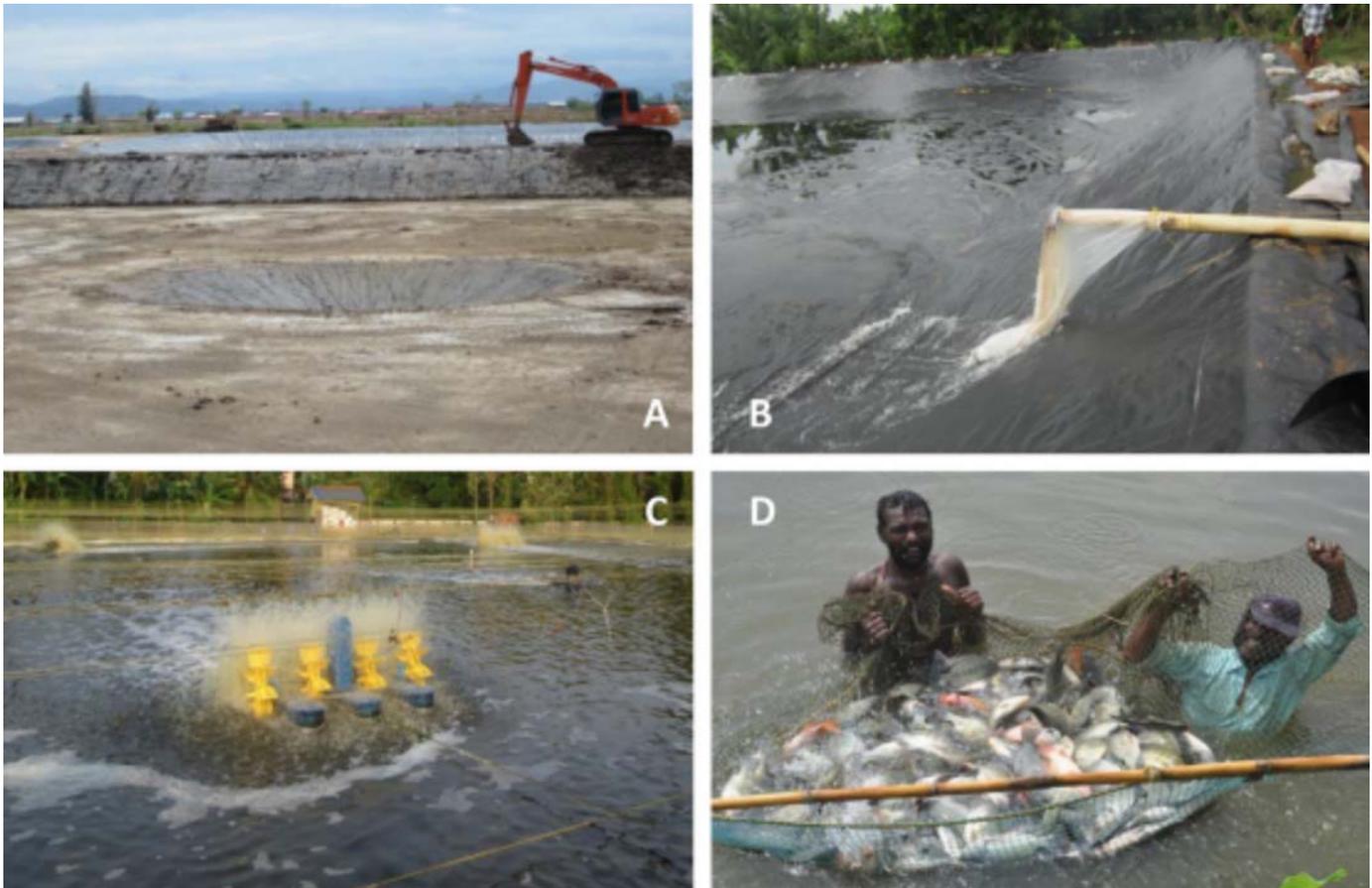


Fig. 4. Diseño y construcción de estanques de BFT de alta intensidad (A), colocación de revestimiento de HDPE y llenado de agua (B), mecanismos de aireación (C) y cosecha mediante red de cerco (D).

Aireación

La mezcla turbulenta intensiva es necesaria para que los sistemas de biofloc mantengan altos niveles de oxígeno disuelto y eviten la sedimentación de sólidos, respectivamente. La turbulencia evita zonas anóxicas que son letales para los organismos cultivados. Por lo tanto en sistemas de BFT los aireadores necesitan una *d i s p o s i c i ó n* adecuada y planificada (Fig. 4C). Los sistemas Biofloc pueden

requerir hasta 6 mg de oxígeno/L/hr, lo que se traduce en alrededor de 30 caballos de fuerza de aireadores por hectárea de estanque. Se debe mantener una concentración de oxígeno más alta por 2 razones: 1) los animales de cultivo y otros organismos planctónicos requieren oxígeno para su metabolismo y, 2) la población de bacterias requiere oxígeno para degradar los desechos y seguir proliferando. Los estanques con BFT y

mecanismos de aireación insuficientes tienden a acumular residuos de materia orgánica en el fondo y facilita las condiciones anóxicas. Estas, también llamadas zonas muertas, acumulan altas concentraciones de amoníaco, el cual puede ser perjudicial para los organismos de cultivo.

Preparación de flóculos y presiembra

Los flóculos se pueden preparar en un cubo de 20 L que contiene 300 g de

melaza, 100 g de bacterias probióticas y 10 kg de agua de mar. Esta mezcla se airea durante 1 o 2 días antes de liberarla en la unidad BFT para crear bioflocs. Las bacterias comunes utilizadas en BFT incluyen *Lactobacillus* sp., *Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., levadura y *Saccharomyces cerevisiae*. La mezcla de prebióticos y probióticos se colocan en un tambor y se fermentan durante 2 días antes de usar. La cantidad de flóculos debe confirmarse antes de liberarlos en el sistema de cultivo. La cuantificación de flóculos puede hacerse con un cilindro de un litro, en el que los flóculos sedimentados deben ser de al menos 50 ml/L.

Equilibrio de carbono y nitrógeno

Se pueden usar fuentes de carbono o, mejor aún, se puede reducir el contenido de proteína en los alimentos para lograr la óptima relación C/N. Mantener el equilibrio C/N es la clave para controlar la toxicidad del nitrógeno en las unidades de BFT. Sin embargo, el control de la relación C/N normalmente es una tarea desafiante en la implementación exitosa de BFT. La disponibilidad suficiente de carbono al comienzo del ciclo acuícola es un método seguro para prevenir los picos de

amoníaco. El carbón permite que las bacterias heterótrofas se multipliquen y consuman el amoníaco presente en el agua, manteniendo así una baja concentración de este compuesto. El cálculo de la relación C/N óptima para BFT específico se resume en el siguiente ejemplo.

i. Asumiendo que la cantidad de harina de pescado utilizada en la dieta es = 0,015 kg, la proteína cruda (PC) de la dieta = 15% y los carbohidratos = 14%. Y suponiendo que la fuente de carbono utilizada es el trigo, cuyo PC = 10% y carbohidratos = 76%.

ii. El Nitrógeno amónico total (TAN) producido = Dieta utilizada (kg) × CP × 0,144^a = 0,015 kg × 0,15 × 0,144 = **3,24 × 10⁻⁴ kg.**

iii. Requisito de carbono = [TAN × 15,17] – [Dieta utilizada (kg) × % de carbono en el alimento] = [0,000324 kg × 15,17] – [0,015 × 0,14] = **2,81 × 10⁻³ kg.**

iv. Constante de carbono = Carbono en el trigo – [CP del trigo × 0,16^c × 15,17] = **0,52**

v. Carbohidratos necesarios = requerimiento de carbono / constante de carbono = 5,44 × 10⁻³ kg.

vi. Relación C/N = carbohidrato necesario / TAN = 16:1

Nota: ^aConstante de Ebeling; ^b15,17 = la constante que representa los carbohidratos necesarios para eliminar 1 unidad de nitrógeno; ^c0,16 = la constante en la ecuación de generación de amoníaco asume que el 16% de la proteína es nitrógeno.

Selección de especies y densidades de población en BTL

Las especies de cultivo deben ser parcial o completamente filtradoras para aprovechar el biofloc y las partículas de detritus. Los camarones y la tilapia son excelentes candidatos para aprovechar los conglomerados de bacterias o biofloc, lo que mejora la eficiencia de la alimentación y la tasa de conversión alimenticia (TCA).

Monitoreo y mantenimiento del biofloc

La cantidad mínima de flóculos necesaria en un sistema BFT depende de la intensidad y el tamaño del sistema de cultivo. El Biofloc debe mantener una concentración de 15 ml/L (como sólidos sedimentables) y una relación C/N superior a 15.

En condiciones ambientales favorables, la

concentración del biofloc se quintuplica por mililitro en 2 a 3 semanas, llegando a más de 10 mil millones de células/mL de bacterias, con más de 2000 especies presentes. Sin embargo, siempre que los niveles de flóculos excedan los 500 mg/L, el lodo debe reducirse eliminando el 10 - 15 % del agua del fondo a través del sistema de drenaje. El lodo también se puede eliminar cuando el nivel de amoníaco es superior a 1 mg/L. Los niveles altos de amoníaco en el sistema BFT se pueden reducir mediante la adición de una fuente de carbono (melaza), lo que facilita la proliferación de bacterias que consumen el exceso de amoníaco. Los muestreos de biofloc debe realizarse cada 15 - 20 días para monitorear los tipos de flóculos presentes (algas verdes y bacterias marrones) y densidades. Es muy fácil monitorear el crecimiento del biofloc en los sistemas de cultivo utilizando conos de Imhoff. Este se utiliza para recoger muestras de agua a una profundidad de unos 15 a 25 cm, preferiblemente a última hora de la mañana y se deja reposar durante unos 20 minutos. Los sólidos del flóculo se adhieren a los lados del cono y se cuentan fácilmente. Durante el monitoreo del biofloc, los

parámetros de calidad del agua, especialmente el oxígeno disuelto, el pH y el amoníaco también deben ser revisados. Estos parámetros son también indicadores de la salud del sistema de cultivo.

APLICACIONES DE BFT EN ACUICULTURA

Laboratorios, larvicultura y producción de alimentos vivos

El aumento de las actividades acuícolas ha creado una gran demanda de larvas y alimentos. La larvicultura, por lo general, requiere de suficientes recursos de alimentos vivos, como rotíferos, copépodos, cladóceros y nauplios de *Artemia* como alimento iniciador de alto contenido proteico. La preferencia del alimento vivo para el cultivo de alevines y larvas se atribuye al tamaño pequeño (facilidad para la ingestión por parte de alevines y larvas), alta digestibilidad, palatabilidad y contenido nutricional. Producir alimento vivo implica, por lo general, el uso de microalgas de alta densidad, cuyo cultivo es frágil y estresante. Por lo tanto, se han desarrollado nuevos protocolos para la producción en masa de recursos alimentarios vivos utilizando BFT. Esto parece ser un gran paso hacia la planificación previa de la

producción de alevines o larvas en la larvicultura. Además de promover una densidad de población más rápida de los recursos alimentarios vivos, los bioflocs se pueden utilizar como suplementos nutricionales.

Fuente de proteínas, lípidos y aminoácidos para engorde y reproductores

Se desconoce en gran medida el efecto potencial del BFT en la cría de peces y mariscos. Los estudios han demostrado los efectos superiores de la nutrición del biofloc para las primeras etapas de la formación de las gónadas de los reproductores y el desarrollo de los ovarios, por lo tanto, mejora el rendimiento del desove. El suministro constante de nutrientes biofloc promueve una mejor formación de tejido sexual y actividades de reproducción. La BFT también se ha aplicado con éxito en la fase de precría para diferentes especies de camarones, como *Litopenaeus vannamei* y *Penaeus monodon*, y tilapia, *Oreochromis niloticus*, observándose mejores crecimientos y sobrevivencia en comparación con el sistema convencional de agua clara.

Los bioflocs son altamente nutritivos como alimentos

esenciales para la acuicultura. Sobre una base de peso seco, el biofloc contiene de 12 a 50 % de proteínas, de 0,5 a 41 % de lípidos, de 14 a 59 % de carbohidratos y de 3 a 61 % de cenizas. El biofloc por sí solo no es suficiente para garantizar el nivel de crecimiento y supervivencia requerido por cultivo de peces/camarones de alta densidad. Por lo tanto, aún se requiere alimento formulado suplementario para satisfacer los requerimientos nutricionales de los peces/camarones cultivados en BFT. Los bioflocs son altamente proteicos. Por lo tanto, se necesitan carbohidratos adicionales para mantener proporción óptima de proteínas y carbohidratos, que es un parámetro importante para el crecimiento de las células somáticas en los organismos.

Harina de biofloc

Los bioflocs se pueden usar como sustituto de la harina de pescado, que es una fuente de proteína costosa en los alimentos para peces. La pasta de biofloc se puede cosechar y procesar como ingrediente para formular alimentos. Esto podría proporcionar un salto positivo hacia la formulación de alimentos para peces de bajo costo en industrias artesanales en los

países en desarrollo. Iniciativas orientadas a desarrollar estrategias de nutrición como bioflocs y perifiton que maximicen la contribución de alimentos naturales y suplementarios en las instalaciones de cultivo ayudaría a expandir la producción acuícola. En este aspecto, es importante tener un predominio de bacterias fácilmente digeribles que contengan compuestos ricos en energía que promuevan BFT en el sector de la acuicultura. Sin embargo, la idea de la harina de biofloc aún requiere un estudio científico en profundidad.

Factores que influyen en la calidad y cantidad de bioflocs en BFT

Los estudios han demostrado que la nutrición del biofloc es una función de la relación C/N, el nivel de proteínas en la dieta, la intensidad de la luz disponible y las condiciones ambientales de cultivo. La relación C/N por encima de 15 junto con un recambio mínimo de agua produce alta calidad y cantidad de biofloc que promueve la sobrevivencia, el crecimiento y la actividad inmunológica de los animales de cultivo. Los tipos de fuente de carbono también influyen en la calidad del biofloc. Bioflocs a base de glicerol tienen mayor cantidad de

proteínas, vitamina C y ácidos grasos n-6 que los bioflocs a base de glucosa. Por otro lado, otros estudios han reportado mayor contenido proteico en bioflocs basados en glucosa que en bioflocs basados en almidón y glucógeno.

Bioflocs y calidad del agua en acuicultura

El principal problema de la calidad del agua en los sistemas de acuicultura intensiva es la acumulación de compuestos nitrogenados tóxicos. BFT se desarrolló por primera vez para eliminar el nitrógeno amoniacal en los sistemas de acuicultura mediante la utilización de procesos naturales. Este proceso incluye la eliminación fotoautotrófica por parte de las algas, la conversión bacteriana autótrofa de nitrógeno amoniacal en nitrógeno nitrato, y conversión bacteriana heterótrofa de nitrógeno amoniacal directamente a biomasa microbiana. La comunidad microbiana adjunta (perifiton) controla la calidad del agua en el sistema acuático a través de la captura de detritos orgánicos, la eliminación fotosintética de nutrientes y los procesos autotróficos.

Bioflocs para bioseguridad

Hoy en día, los sistemas acuícolas cerrados son más seguros por razones de bioseguridad. Los sistemas cerrados tienen ventajas ambientales y comerciales sobre los sistemas extensivos y semi intensivos convencionales. El hecho de que el agua se reutilice reduce las posibilidades para la introducción de patógenos externos en el sistema. BFT parece ofrecer a g e n t e s i n m u n o p r o f i l á c t i c o s naturales alternativos para la bioseguridad que los antibióticos artificiales, que tienen consecuencias ecológicas.

El mecanismo detrás del efecto probiótico del biofloc es la competencia entre los microorganismos en el flóculo y el patógeno por el espacio y algunos elementos esenciales y nutrientes, lo que trae como consecuencia la inhibición de la multiplicación de bacterias patógenas

Los bioflocs hunden el carbono atmosférico

Bajo sistemas BFT al aire libre, los flóculos contienen fitoplancton, cuyas especies utilizan carbono a través de la fotosíntesis, por lo que actúan como sumideros de carbono. El fitoplancton convierte el dióxido de carbono disuelto (CO₂) en oxígeno (O₂) y energía

(glucosa) de manera eficiente, por lo tanto son secuestradores naturales de carbono.

Análisis de costo-beneficio de BFT

La aplicación de BFT en acuicultura es económicamente viable y está ligada a la reducción de costos de alimentación, mayor tasa de crecimiento y altas tasas de sobrevivencia. Además, con BFT, el costo de fertilizantes orgánicos e/o inorgánicos se elimina. Como es sabido, los alimentos siempre representan los costos de producción más altos en la acuicultura. Sin embargo, los sistemas de biofloc consumen menos alimento en comparación con los sistemas tradicionales de cultivo. A pesar del aumento más rápido de la biomasa en el sistema biofloc, cualquier aumento en el costo del alimento siempre rinde márgenes de beneficio, que siguen siendo superiores a los métodos convencionales de cultivo. Los estudios han informado un período de cultivo reducido junto con un mayor crecimiento y sobrevivencia en BFT, haciéndolo así más rentable sobre los otros sistemas.

Desafíos y limitaciones de BFT

A pesar de las muchas ventajas de BFT, existen

factores limitantes que impiden una producción efectiva. Aunque se fomenta una alta población de bacterias, la multiplicación de las bacterias heterótrofas puede causar una turbidez excesiva en el sistema, lo que puede causar la obstrucción de las branquias de los camarones y peces, especialmente aquellos que no se adaptan a crecer en aguas turbias. BFT requiere un mayor uso de energía para mezclar y airear. La energía estable es uno de los desafíos en los países en desarrollo debido a los frecuentes apagones. El BFT requiere un período de inicio de aproximadamente 2 semanas durante el cual se desarrollan los microbios. El período de inicio puede alargar los ciclos de producción. Existe la necesidad de complementar la alcalinidad para mantener condiciones para la proliferación de biofloc. Un alto desequilibrio de la población microbiana (es decir, muy pocas bacterias) puede aumentar las posibilidades de contaminación por acumulación de compuestos nitrogenados. Otros desafíos incluyen la posibilidad de crecimiento excesivo de bioflocs filamentosos, lo que puede causar aumento del

volumen de flóculos, inestabilidad del sistema y eliminación incompleta del nitrógeno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No hay duda de que las bacterias están al mando de la industria de producción de alimentos. Este artículo ha demostrado el potencial de BFT para lograr los objetivos de la acuicultura: a) aumentar la productividad acuícola, b) mejorar la resiliencia de la industria pesquera y c) uso eficiente de la energía, el agua, la tierra y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. BFT ofrece oportunidades para las poblaciones de pequeños productores como para las grandes empresas. BFT beneficia a las especies cuyo comportamiento de alimentación incluye la alimentación por filtración, por lo que la selección de especies de estas características es fundamental. El BFT también mantiene una buena calidad del agua in situ, es fundamental como

complemento alimenticio y garantiza la bioseguridad. Sin embargo, los efectos de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de floculación en BFT necesita una investigación más profunda.

Es necesario promover la adopción de BFT a través de iniciativas de desarrollo de capacidades y demostraciones piloto. Se debe estudiar el cambio de la población microbiana y la técnica de monitoreo de biofloc para proporcionar una buena comprensión de los mecanismos microscópicos que intervienen en la biofloculación. La pasta de biofloc como posible harina de biofloc debe investigarse como medio potencial para complementar los alimentos para especies de cultivo con el fin de reducir la necesidad de costosas formulaciones comerciales. Esto podría ser potencialmente viable para reducir la dependencia excesiva de la harina de pescado, que ya enfrenta desafíos de sobreexplotación. El desarrollo de la tecnología debe adaptarse para

estimular técnicas acuícolas innovadoras para la producción sostenible y la seguridad de los medios de subsistencia de los acuicultores y los actores de la cadena de valor.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "The prospects of biofloc technology (BFT) for sustainable aquaculture development" escrito por Erick O. Ogello, Nicholas O. Outa, Kevin O. Obiero, Domitila N Kyule y Jonathan M. Munguti. Publicado originalmente en: *Scientific African*. 2021. Vol. 14, e01053. Puede acceder la versión original del artículo a través del siguiente enlace: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01053>

SIGUE CRECIENDO EL CULTIVO DE ALGAS MARINAS, EN EL NORORIENTE DE VENEZUELA

Equipo Editorial de la SVA

En abril del año pasado referíamos con gozo cómo había resurgido en Venezuela el cultivo de algas marinas. En esa oportunidad, contamos el caso de una empresa instalada en la isla de Margarita que había empezado a producir y exportar algas rojas. En esta oportunidad queremos contarle de un segundo emprendimiento de maricultura que ya está produciendo y espera exportar en el corto plazo.

Nos referimos a la empresa Revolution Seaweed, C.A.

LOCALIZACIÓN

La granja consta de una parcela de 10 Ha situada en espacios acuáticos al sur de la Bahía de Charagato, al noreste de la isla de Cubagua, estado Nueva Esparta. Se encuentra localizada justo frente a la Estación Biológica Fernando Cervigón de la Universidad de Oriente,

Núcleo Nueva Esparta, junto a la cual tiene asignado un espacio terrestre. Esa ubicación se escogió por las condiciones excepcionales que exhibe para el cultivo de organismos marinos, particularmente macroalgas. En la zona se presenta el fenómeno de surgencia costera, el cual proporciona nutrientes en abundancia y promueve muchísimo la productividad primaria.



Vista aérea de la parcela sembrada

ORIGEN

Sobre el Proyecto nos habló su Directora General, Kimberly Ayala. Mientras estudiaba Licenciatura en Biología Marina en la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar de la UDO, ella tuvo oportunidad de visitar repetidamente Cubagua, la cual sirve como un gran laboratorio para esa institución. Numerosas prácticas se llevaron a cabo en las instalaciones y adyacencias de la citada estación. La inquietud sembrada por sus profesores fue creciendo, tomando forma hasta que se animó a concebir un proyecto de esta naturaleza y presentar sus bondades a un grupo de inversionistas venezolanos, consiguiendo su beneplácito.

ARRANQUE

Toda empresa acuícola operativa ha debido tramitar y obtener autorizaciones de diversas instituciones gubernamentales, principalmente las correspondientes a INSOPESCA y MINEC, procesos tradicionalmente engorrosos. En el caso de las que hacen alguicultura, el recorrido se dificulta más por la participación de una tercera, el Instituto Nacional de Espacios Acuáticos. Pero en este caso, la dificultad ha

sido mayúscula, pues fue necesario tener permiso de un cuarto ente gubernamental, el Instituto de Patrimonio Cultural, quien tiene la autoridad sobre los espacios terrestres de la isla, dados los antecedentes históricos de Cubagua. Ya con todas esas aprobaciones, Revolution Seaweed comenzó a operar formalmente en junio de 2021.

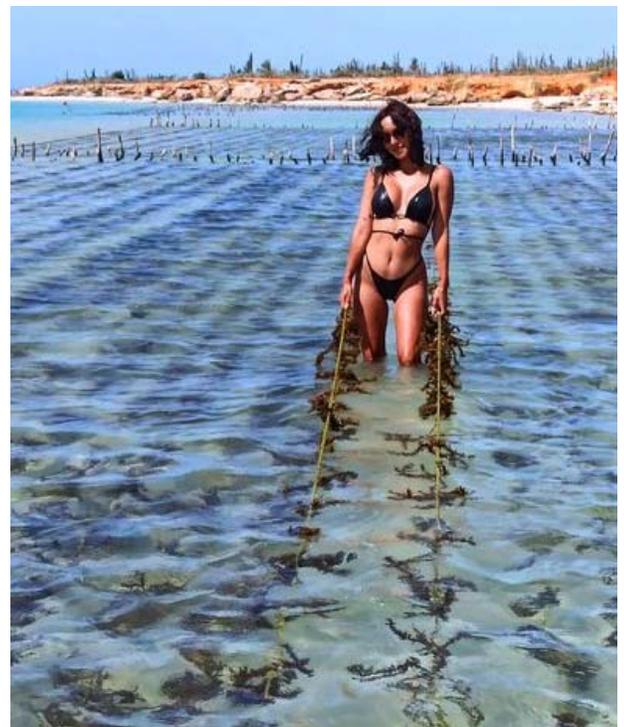
OPERACIÓN

Trabajan con las macroalgas rojas *Kappaphycus alvarezii* y *Euचेuma isiforme* (Rhodophyta: Gigartinales: Solieriaceae), de gran aceptación y valor en el mercado internacional por su alto contenido de carrageninas.

Emplean un sistema de flotación tipo "long line". En las cuerdas se colocan implantes de algas (esquejes) cada 20 cm, las cuales crecen vegetativamente. Las cuerdas de cultivo, de 25 m de longitud, se mantienen flotando para lograr el mejor desempeño. Como elementos de flotación, emplean botellas plásticas que reciclan, por compromiso

ambiental. Cada línea de cultivo está anclada con pesos muertos en cada extremo. La duración del ciclo de cultivo aún está siendo evaluado, para lograr los mejores desempeños posibles. Pero se está probando entre 45 y 75 días.

Una vez cosechadas, las macroalgas deben ser secadas. Pero previamente, aún en el agua, son muy cuidadosos de devolver todo elemento faunístico presente en los talos. Debe destacarse que, en contra de lo que muchos creen, estas algas constituyen un refugio muy concurrido para diversas especies marinas, como peces, crustáceos, equinodermos, entre otros. Son un verdadero criadero.



Kimberly Ayala revisando las líneas de cultivo



Macroalgas secándose al sol

hecho está operación particularmente difícil. Las dificultades de transporte por el tema del combustible, las limitaciones sanitarias por la pandemia, la ausencia de cualquier servicio público en la isla, los grandes retos de seguridad que existen son solo algunos de los complejos tópicos que se deben encarar día a día. Se superan con mucha voluntad y fe en poder desarrollar plenamente este proyecto, nos dice Kimberly.

PROYECCIONES

Escogen secarlas al sol, sobre las tablas del muelle, requiriendo alrededor de dos días hasta lograr un nivel aceptable de humedad (alrededor del 30%). Esto les brinda una mejor calidad que hacerlo directamente en el suelo, por el menor número de impurezas que retienen. Tienen prevista la construcción de unos 12 mesones con mallas plásticas para el secado de las algas. Posteriormente, las empaican en sacos de polietileno y están listas para su comercialización. Devolución de fauna presente en macroalgas

DESAFÍOS

La logística implícita en trabajar en Cubagua ha

Actualmente han logrado activar alrededor del 20% de la parcela autorizada, pero trabajan a un ritmo



Devolución de fauna presente en macroalgas

acelerado para cumplir su potencial. Hasta el momento, siguen acopiando producción y esperan efectuar su primera exportación el próximo mes. Tienen en mente realizar numerosas pruebas con investigadores de la UDONE, además de algunas ya efectuadas, para optimizar la tecnología de cultivo y aprovechamiento de estas macroalgas.

Los logros están a la vista, 2 Ha enteramente dedicadas al cultivo de algas, con una

producción creciente que beneficiará a toda la economía regional. Esto ha sido posible por la gentil colaboración de todas las instituciones involucradas, especialmente la Universidad de Oriente, cuya Estación ha brindado mucho apoyo, nos cuenta Kimberly. Actualmente están planteando una alianza estratégica con ellos, para usar parte de sus instalaciones y colaborar en su mantenimiento. Además del plano económico, este proyecto tiene un potencial

enorme de contribuir a la mejoría de las condiciones de los pobladores de esta zona insular, a la salvaguarda del patrimonio y al impulso de la investigación científica y ambiental.

En la SVA nos unimos a la esperanza de esta iniciativa, así como a todas aquellas personas e instituciones que se propongan usar la acuicultura como una herramienta para el progreso de nuestro país.



¿QUÉ PUEDEN OFRECER LAS TÉCNICAS NUCLEARES A LA ACUICULTURA?

Sara Levy¹, Arnaldo Figueredo¹, Jean Marval¹, Andrés Quintero², Carlos Ibarra³, José Villamizar³

¹ Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Nueva Esparta, Venezuela.

² Ministerio del Poder Popular en Pesca y Acuicultura, Centro Nacional de Investigaciones Pesqueras y Acuícolas, Caracas, Venezuela.

³ Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Centro de Estudios Especializados en Química Medicinal, Miranda, Venezuela.

E-mail: sara.levy71@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-2129-4522>)

INTRODUCCIÓN

La acuicultura tiene una enorme capacidad para seguir en expansión, pero también se debe enfrentar a desafíos singulares a medida que se intensifica la producción, lo que exige nuevas estrategias de desarrollo para una acuicultura sostenible (FAO, 2020). Entre estos grandes desafíos se puede mencionar la optimización de dietas, para reducir las demandas de harina de pescado y los desechos nitrogenados que se liberan al ambiente (Badillo y Viana, 2015). Otras situaciones de permanente atención, son la prevención de enfermedades y el aseguramiento de la calidad de los productos acuícolas que se destinan para consumo humano (FAO, 2020). Esta misma institución reconoce que existe un grave problema de subalimentación o malnutrición a nivel global, exigiendo el uso de

soluciones innovadoras para producir más alimentos, garantizando así el acceso a ellos y mejorando la nutrición.

En consonancia con estas demandas, han actuado el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la División Mixta FAO-OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación, las cuales tienen décadas impulsando el uso pacífico de las tecnologías nucleares al servicio del ambiente, la agricultura y la alimentación. Una de las estrategias efectuada por esta organización es la aprobación y financiamiento de proyectos de investigación y de cooperación técnica entre los países miembros. En ese marco referencial, se han formulado varios proyectos que abordan a los recursos provenientes de la acuicultura y de pesquerías (Tabla 1), en algunos de los cuales participa Venezuela en la actualidad. En este

artículo se revisan algunos conceptos y aplicaciones de tales técnicas para familiarizar a los lectores con estas valiosas herramientas.

DEFINIENDO LAS TÉCNICAS NUCLEARES

Las técnicas nucleares incluyen una vasta gama de pruebas que inicialmente se usaron en áreas muy puntuales como datación y exploración en geología, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, pero se ha ampliado su ámbito de acción en la medida en que se demuestra que con su aplicación se solventan los problemas que las técnicas convencionales no logran superar. Dentro de dichas pruebas se encuentran: irradiación, radiotrazado, trazabilidad con isótopos estables, radioinmunoensayo, ensayos de radioreceptor, espectrometría (α , β , γ), centelleo líquido, isotopía de radio/dilución,

cromatografía de iones, herramientas moleculares, entre otros. Se han planteado necesidades en

las áreas de producción de recursos acuáticos como la pesquería y la acuicultura en las que se experimenta

en la actualidad y/o lo harán en el corto plazo con algunas de las técnicas mencionadas

Título	Países
Aplicación de técnicas radioanalíticas y complementarias para vigilar la presencia de contaminantes en la acuicultura.	México (líder), Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Cuba, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay, Venezuela
Desarrollo y fortalecimiento de técnicas radioanalíticas y complementarias para controlar los residuos de medicamentos veterinarios y productos químicos relacionados en los productos de la acuicultura.	África: Camerún, Nigeria, Sudáfrica, Uganda. América: Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Ecuador. Asia: China, India, Líbano, República Democrática Popular Lao, Singapur. Europa: Bélgica, Países Bajos.
Disminución de la tasa de mortalidad de truchas arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i> asociadas a IPNV y enfermedades emergentes.	Perú (líder), en espera de adhesión de otros países de América Latina.
Promoción del uso de la tecnología de la radiación en polímeros naturales para el desarrollo de nuevos productos, con énfasis en la recuperación de residuos.	Argentina (líder), en espera de adhesión de otros países de América Latina.
Fortalecimiento de la capacidad de los laboratorios para controlar los contaminantes de los productos pesqueros.	Camerún
Control de los contaminantes de los alimentos y los piensos en la producción pesquera.	República Democrática del Congo
Establecimiento de una norma nacional de control de calidad de los alimentos y los productos pesqueros.	Bahréin
Desarrollo de las capacidades de los laboratorios para analizar los contaminantes en los productos animales y afines, incluido el pescado.	Bahamas
Fortalecimiento de la capacidad de los laboratorios para controlar los contaminantes en los productos pesqueros.	Belice

Tabla 1. Proyectos financiados por la Organización Internacional de la Energía Atómica para el fortalecimiento de las actividades de pesca y acuicultura

TÉCNICAS ISOTÓPICAS

Los isótopos son formas alternativas de un elemento químico, donde se mantiene el número de protones, pero varía el número de neutrones. Algunos se mantienen inalterables (estables), mientras que otros decaen o se transforman rápidamente (inestables o radiactivos). Casi todos los elementos de la tabla

periódica poseen isótopos y se usan tanto los estables como los radiactivos en distintas áreas de conocimiento y contextos.

En el caso de los isótopos estables, se cuantifica en las sustancias la relación isotópica (R) que es la proporción de determinadas formas variables de isótopos (firma isotópica), mediante

espectrometría de masas de relación isotópica (IRMS) (Jardine *et al.*, 2003), equipo que distingue las diferencias de masa entre isótopos pesados y ligeros aunque sean minúsculas (Gamboa-Delgado, 2018). El cálculo de R provee valiosa información, por ejemplo en hidrología isotópica se puede descifrar el origen y el movimiento del agua (Ortega y Gil, 2019); en

estudios biológicos se ha encontrado que los isótopos más pesados tienden a acumularse en los tejidos de los animales consumidores, lo cual hace que las firmas isotópicas de sus tejidos sean diferentes a sus alimentos o a los de otros animales (Gamboa-Delgado, 2018). Esta información dietética ayuda a establecer interacciones en la red alimentaria y el flujo de energía (Jardine *et al.*, 2003).

Para el caso de los radioisótopos, las variaciones en la composición isotópica de un elemento en concreto no se deben a fraccionamiento sino a la desintegración de un isótopo padre radioactivo para generar un isótopo hijo radiogénico. Debido a que los materiales naturales y los contaminantes presentan, en multitud de ocasiones, composiciones isotópicas muy distintas, los isótopos radiogénicos se pueden utilizar como trazadores (Barbero, 2004).

APLICACIONES DE LAS TÉCNICAS ISOTÓPICAS EN ACUICULTURA

Nutrición y alimentación

Las técnicas isotópicas han sido incorporadas como método en nutrición acuícola (Preston *et al.*, 1996; Gamboa-Delgado y Le

Vay, 2009; Felip *et al.*, 2011), pues esos sistemas son altamente viables para realizar evaluaciones isotópicas debido a que en su mayoría representan cadenas alimentarias cortas y controladas (Gamboa-Delgado, 2010). Esto incluye a los hatchery, por su número limitado de fuentes de alimentos y cadenas tróficas planctónicas con bioacumulación rápida, en las que se pueden medir los isótopos estables de carbono y nitrógeno más pesados en cada paso trófico (Le Vay y Gamboa-Delgado, 2011).

Jardine *et al.* (2003) señalan que los tres principales elementos usados en investigaciones ecológicas son los isótopos estables del carbono, nitrógeno y azufre (carbono 12, carbono 13, nitrógeno 14, nitrógeno 15, azufre 32, azufre 33, azufre 34 y azufre 36), aunque también refiere el uso de isótopos del hidrógeno y oxígeno pero en menor proporción. El análisis de isótopos estables de carbono (C) y nitrógeno (N) se ha utilizado para determinar las fuentes de alimento y la selectividad de la alimentación, las posiciones tróficas y los patrones de movimiento de los organismos (Peterson y Fry, 1987; Hobson, 1999; Adin y Riera, 2003; Gao *et al.*, 2006; Boecklen *et al.*, 2011).

También ha sido de gran ayuda para cuantificar la incorporación de nutrientes en animales muy pequeños en los cuales otras técnicas no se pueden aplicar (Gamboa-Delgado, 2018).

En el caso de la proporción de $\delta^{13}C$, este análisis es comúnmente usado para indagar las fuentes de alimentos y la selectividad de la alimentación de los animales en ambientes naturales (Fleming *et al.*, 1993, Sauriau y Kang, 2000). En ese sentido, Wen *et al.* (2016) determinaron la preferencia de alimentación del pepino de mar *Apostichopus japonicus* a partir de tres macroalgas suministradas y sus mezclas, para comprender el hábito alimentario y mejorar los protocolos de cultivo de esta especie. De igual modo, recientemente Valladares y Planas (2021) aplicaron el análisis de $\delta^{13}C$ con la finalidad de contribuir a reducir las mortalidades en las fases tempranas de organismos ornamentales como caballitos de mar *Hippocampus guttulatus* al estudiar la asimilación de *Artemia* y dos especies de copépodos. Además, esta metodología es una alternativa a los estudios convencionales de análisis del contenido estomacal por las limitaciones que éstos tiene, al no proveer

información de los tejidos digeridos ya que no son identificables ni cuantificables.

Los isótopos estables del nitrógeno se han utilizado para determinar digestibilidad in vitro según refieren Badillo y Viana (2015) en su investigación de calidad de alimentos comerciales para lobina rayada (*Morone saxatilis*). Mediciones de la radiactividad específica de aminoácidos libres y acoplados a proteínas marcados, han sido muy útiles en la determinación de las tasas de recambio proteico en varias especies de peces. Garlick *et al.* (1980) y Houlihan *et al.* (1988) desarrollaron procedimientos para la incorporación y cuantificación de fenilalanina marcada con ^3H mediante dosis inundante por inyección; Tonheim *et al.* (2004) produjeron una proteína modelo soluble radiactiva para estudiar la digestión de las proteínas, la absorción y el metabolismo de los aminoácidos en larvas, mediante la administración oral de aminoácidos marcados uniformemente con ^{14}C . El método de la infusión fue usado por Morais *et al.* (2004), quienes demostraron la viabilidad del radiomarcaje de

nauplios de *Artemia* mediante la introducción de un hidrolizado de proteínas [^{14}C] en los medios de eclosión y de enriquecimiento. De igual modo, también se ha usado las determinaciones de radiactividad específica para hacer seguimiento a la ingestión y absorción de otras moléculas como ácidos grasos (Koven *et al.*, 1998).

Además de los estudios mencionados, han sido usadas técnicas isotópicas en:

- Evaluación de nuevos ingredientes como sustitutos parciales del nitrógeno aportado por harina de pescado, levadura de torula (Gamboa-Delgado *et al.*, 2016), harina de biofloc (Gamboa-Delgado *et al.*, 2017), biomasa microalgal (Pacheco-Vega *et al.*, 2018) en *Litopenaeus vannamei*.
- Rastreo de rutas metabólicas de carbohidratos y proteínas en trucha *Oncorhynchus mykiss* (Felip *et al.*, 2011).
- Asimilación de dietas marcadas y sin marcar, en camarones *Palaemonetes pugio* (D'Avanzo *et al.*, 1991), *Penaeus monodon* (Preston *et al.*, 1996),

Litopenaeus vannamei (Gamboa-Delgado y Le Vay, 2009a).

- Análisis de la contribución de ingredientes tradicionales, en tejidos de *Litopenaeus vannamei* (Gamboa-Delgado, 2009).
- Captación de ácidos grasos, en mejillón *Perna viridis* provenientes de efluentes de un sistema de policultivo de peces (Gao *et al.*, 2006).
- Nutrición larval, estimación de tasa de ingestión y asimilación, rotífero *Brachionus calyciflorus* alimentado con *Scenedesmus obliquus* marcado con isótopos estables (Verschoor *et al.*, 2005).
- Contribución relativa del alimento vivo e inerte en larvicultura del pez *Solea senegalensis* (Gamboa-Delgado *et al.*, 2008) y de *Litopenaeus vannamei* (Gamboa-Delgado y Le Vay, 2009b; Gamboa-Delgado, 2010).

- Contribución del agua de la dieta en salmón atlántico *Salmo salar* y el salvelino ártico *Salvelinus alpinus* cultivado (Graham *et al.*, 2014).

Dinámica de los cuerpos de agua

Los organismos acuáticos objeto de cultivo requieren de condiciones físico-químicas particulares para un óptimo desarrollo. Por tanto, las alteraciones que se produzcan en el cuerpo de agua que abastece a los centros de cultivo o donde se practique el cultivo outdoor podrían ser contraproducentes. Las investigaciones realizadas en hidrología isotópica permiten comprender las características generales de la circulación atmósfera-oceano y su interacción (Rozanski y Gonfiantini, 1990). Se utilizan isótopos estables como indicadores de la temperatura del agua.

Calidad del agua

Los procesos geoquímicos naturales que tienen lugar en los acuíferos y diversas actividades antropogénicas aportan contaminantes de diferentes tipos a las aguas superficiales y subterráneas. La caracterización química e isotópica de éstos permite determinar su origen, siendo esto el primer paso para solucionar los

problemas de calidad del agua, por parte de los responsables políticos y otros involucrados. La identificación de la fuente de contaminación puede hacerse mediante las diferencias de peso de los isótopos estables de un mismo elemento, por ejemplo, es posible determinar el origen del nitrato proveniente de residuos humanos y de fertilizantes (Ortega y Gil, 2019).

Otra forma de determinar contaminantes en el agua es mediante el uso de isótopos estables como trazadores, esta técnica isotópica se ha usado para determinar las dinámicas de nutrientes en suelos dedicados a la agricultura y ganadería, así como en los efluentes derivados de estanques de producción acuícola (Bombeo-Tuburan *et al.*, 1993; Epp *et al.*, 2002). Yokoyama *et al.* (2006) realizaron un trazado de nutrientes desde el alimento hasta el cuerpo de agua y sedimentos cercanos a una granja de cultivo de peces mediante el análisis isotópico de los componentes de la dieta suministrada. De igual modo, Gamboa-Delgado (2018) indica que se ha utilizado el isótopo estable del nitrógeno pesado para enriquecer dietas con la finalidad de generar

productos metabólicos trazables desde las granjas de producción de cultivo de camarón hacia los efluentes.

Trazabilidad de productos

Algunos mercados como el europeo poseen regulaciones sobre la información que debe estar presente en la etiqueta de los productos acuáticos, en las que se exige el nombre comercial y científico, el origen de los organismos y su método de producción (silvestre o cultivado). El aumento de prácticas fraudulentas en el etiquetado ha puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar métodos analíticos de alta sensibilidad como la firma isotópica y el perfil de ácidos grasos en sustitución de los protocolos hasta ahora usados para determinar la trazabilidad (Moretti *et al.*, 2003). En ese sentido, se han llevado a cabo algunas investigaciones sobre el particular, entre ellas: comparación entre peces de agua dulce y de mar en base a las diferencias de ^{13}C (Doucett *et al.*, 1996, 1999; Power *et al.*, 2002), entre aceite de pescado y extractos lipídicos de músculo salmón cultivado y silvestre considerando los isótopos de H y ^{13}C (Aursand *et al.*, 2000),

diferenciación isotópica de ^{13}C y ^{15}N entre camarones provenientes de pesquerías y de granjas de cultivo (Gamboa-Delgado *et al*, 2014).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas	Desventajas
Las técnicas ofrecen mayor sensibilidad que los métodos analíticos convencionales, lo que resulta especialmente ventajoso en estudios con micronutrientes, vitaminas, hormonas, fármacos.	Las inversiones necesarias para infraestructura, equipamiento, adquisición de reactivos, fuentes y estándares isotópicos de laboratorios son altas.
Son útiles en estudios de nutrición larval, pues se utilizan organismos completos para los análisis.	
El tamaño mínimo de muestras para analizar es pequeño.	Se precisa de personal especializado y en constante actualización.
La disponibilidad comercial de diversos compuestos como aminoácidos, ácidos grasos, colesterol, vitaminas, marcados isotópicamente aumenta las posibilidades de aplicación en estudios nutricionales.	

Tabla 2. Principales ventajas y desventajas de las técnicas isotópicas

IRRADIACIÓN

La irradiación se puede definir como la exposición de una sustancia a radiación de varias frecuencias. A pesar del escaso conocimiento de la población sobre sus usos, el proceso se aplica ampliamente a escala comercial para esterilizar material de uso médico y mejorar polímeros, así como para mantener la calidad de los alimentos, reducir pérdidas por deterioro, optimizar su seguridad microbiológica (OIEA, 2015) al inactivar a los organismos causantes de enfermedades de transmisión alimentaria (OMS, 1989). Según la base de datos de instalaciones de irradiación industriales de la OIEA, en la actualidad hay cerca de 300 centros de

irradiación gamma y de aceleradores de electrones en el mundo, estando 12 ubicados en América latina (OIEA, 2020b). La aplicación de irradiación en alimentos ha sido objeto de décadas de evaluación científica, escrutinio público, debate político y atención de los medios de difusión. Los resultados de dichas evaluaciones han demostrado que puede ayudar a resolver los problemas de suministro de alimentos y su inocuidad, sin que ello suponga ningún riesgo para la salud humana o para el ambiente (Iturbe y López, 2004).

La norma CODEX STAN 106-19831 establece que las fuentes de radiación ionizante que se pueden utilizar son rayos gamma, rayos X y electrones acelerados (Tabla 2) en una

dosis máxima absorbida no superior a los 10 kGy (kilograys), excepto cuando sea necesario para alcanzar un propósito tecnológico justificado. Usualmente, cada tipo de alimento requiere de dosis específicas para alcanzar un resultado determinado (OMS, 1989; OIEA, 2015). La dosis mínima es la porción efectiva necesaria para lograr dicho efecto y debe alcanzarse en cualquier posición dentro de una partida o lote, la dosis máxima es la dosis más alta que el producto puede tolerar sin ningún efecto perjudicial para la calidad, especialmente para las propiedades sensoriales (OIEA, 2000), en la Figura 1 se representan esquemáticamente las desviaciones esperadas por exceso o por defecto a lo esperado.

	Radioisótopo	Equipos Eléctricos	
	(Co-60 o Cs-137)	(≤ 10 MeV*)	(≤ 5 MeV)
Tipo de radiación	Gamma	Electrones	Rayos X
Operación	No puede apagarse	Se puede apagar	
Orden de magnitud de la dosis	kGy/h	kGy/s	kGy/min
Emisión			
Composición	Fotones	Electrones	Fotones
Masa	Ninguna	Si	Ninguna
Carga eléctrica	Ninguna	Si	Ninguna
Penetración	Buena	Limitada	Muy buena

*MeV millones de electronvoltios

Tabla 3. Fuentes y características de las radiaciones ionizantes

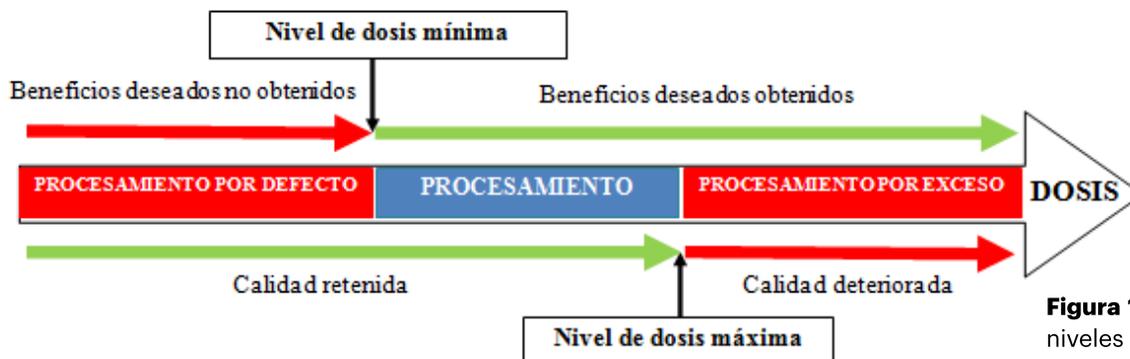


Figura 1. Cambios esperados en los niveles de dosis mínima y máxima (OIEA, 2015)

APLICACIONES DE LA IRRADIACIÓN EN LA ACUICULTURA

El efecto conservador de las radiaciones ionizantes sobre los productos acuáticos está ampliamente documentado desde hace décadas por numerosos

investigadores, por ejemplo Barna (1979) reportó 1223 estudios sobre la salubridad de 278 alimentos, piensos y productos pesqueros irradiados, basados en técnicas de evaluación biológica con animales terrestres (OIEA, 2000). La suma de estos esfuerzos llevó a la aprobación de algunos documentos ya

mencionados y otros como la “Guía estándar para la irradiación de peces e invertebrados acuáticos utilizados como alimento para controlar patógenos y microorganismos de descomposición” (ASTM F1736-09), el “Código de buenas prácticas de irradiación para el control de la microflora en el

pescado, las ancas de rana”, y autorizaciones a varios países para irradiar y comercializar industrialmente, que datan de la década de los años 80 (OIEA, 2000), como algunos instrumentos normativos de la FDA en el Código de Regulaciones Federales (21 CFR 179 y 21 CFR 179.26) (FDA, 2011). Estos estudios de inocuidad se han seguido desarrollando con la aplicación de metodologías más expeditas y logísticamente menos costosas, para mejorar la calidad de los productos que se ofrecen, incorporar otros con potencialidad de desarrollo y generar nuevas aplicaciones. A continuación se señalan algunas aplicaciones industriales y experimentales de la irradiación que se están llevando a cabo con recursos acuáticos:

Irradiación de productos acabados

Cerca de 30 países poseen autorizaciones de irradiación a productos acuáticos para distintos propósitos (desinfección, control microbiológico, extensión de vida útil, control de parásitos). Los productos acuáticos son comercializados en diversas presentaciones: enteros, fileteados, secos, ahumados, empacados al

vacío, picados, pulverizados, alimentos sucedáneos como kamaboko, entre otros. En todos los casos deben estar debidamente empacados y con la identificación respectiva de que es un producto irradiado (OMS, 1989, OIEA, 2015). Las especies para las cuales se conoce el tiempo de vida útil, las dosis óptimas y máximas son:

- Peces: *Lophius americanus*, *Harpodon nehereus*, *Peprilus triacanthus*, *Gadus morhua*, *G. macrocephalus*, *Squalus acanthias*, *Pseudopleuronectes americanus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Hippoglossus hippoglossus*, *Paralichthys californicus*, *Clupea harengus*, *Argentina silus*, *Rastrelliger negelectus*, *R. kanagurta*, *Scomber scombrus*, *Sillago sihama*, *Sebastes marinus*, *Sebastes alutus*, *Pollachius virens*, *Stomateus cinereus*, *Parastomatus niger*, *Anoploploma fimbria*, *Sardinella melanura*, *Microstomus pacificus*, *Parophrys vetulus*, *Glyptocephalus cynoglossus*, *Microstomus kit*,

Eopsetta jordani, *Thunnus obesus*, *Merluccius spp.*, *Cyprinus carpio*, *Ictalurus punctatus*, *Coregonus spp.* *C. wartmanni*, *C. artedii*, *C. clupeaformis*, *Eleutheronema tetradactylum*, *Salmo gairdneri*, *Salvelinus namaycush*, *Perca flavescens* (OIEA, 2000).

- Crustáceos y moluscos: *Venerupis semidecus sata*, *Mya arenaria*, *Spisula solidissima*, *Cancer magister*, *Paralithodes camtschatica*, *Portunus pelagicus*, *Homarus americanus*, *H. gammarus*, *Nephrops norvegicus*, *Mytilus smaraginus*, *Crassostrea virginica*, *C. pacificus*, *Placopecten magellanicus*, *Penaeus setiferus*, *P. aztecus*, *P. duorarum*, *P. vannamei*, *Crangon crangon*, *Pandalus borealis*, *P. jordani*, *Macrobrachium rosenbergii* (OIEA, 2000).

Modificación de polímeros

Otro importante rubro proveniente de la maricultura son las macroalgas marinas, cuyo volumen de producción

aumentó de 13,5 millones TM en 1995 a algo más de 30 millones TM en 2016 (FAO, 2020). Esa materia prima se destina principalmente a la extracción de ficocoloides como agar, alginatos, carragenina para diversos sectores industriales. Aliste (1999) estudió el efecto de la irradiación gamma sobre dichos coloides para conocer los cambios en sus propiedades tecnológicas.

En investigaciones más recientes llevadas a cabo en Filipinas por Encinas (2015) se sintetizó un hidrogel de *Kappaphycus alvarezii* por radiación gamma y caracterizó para uso agrícola, obteniéndose que el polímero modificado tiene una alta capacidad de retención de agua y también favorece la germinación de la planta probada. De igual modo, Hamideldin y Hussein (2009) expusieron alginato de sodio a rayos gamma y lo aplicaron a plantas de trigo mejorando su crecimiento y el contenido de aminoácidos. Productos de ese tipo están siendo aplicados por comunidades agrícolas en Filipinas (Gil, 2018) y en Vietnam (Henriques (2015), con buenos resultados en rendimiento, resistencia a condiciones climáticas y a infecciones fúngicas y bacterianas. Tales avances

podrían abrir nuevas puertas de comercialización de los cultivos de macroalgas, lo que constituye otras formas de agregarles valor.

Irradiación de piensos y subproductos para su manufactura

Los efectos de la irradiación sobre los piensos han sido estudiados desde los inicios de las investigaciones sobre esta tecnología nuclear en los alimentos. Obi (1978) documentó la capacidad inhibitoria sobre el crecimiento de los microorganismos que alteran a los piensos, Barna (1979) estimó diversas variables de desempeño biológico para determinar la calidad nutricional en los organismos a los cuales alimentó. Adicionalmente, en OIEA (1979) se recopila información sobre aspectos microbiológicos, nutricionales, económicos y aplicaciones de la irradiación en dietas para animales de laboratorio y de granja, así como de ingredientes empleados en su manufactura, incluyendo la harina de pescado (Eggum, 1979), que es una de las principales fuentes de proteína de cualquier dieta animal y que suele presentar mayores niveles de contaminación que harinas de origen vegetal por el mal manejo que se hace luego de su

fabricación (Mossel, 1979). En cuanto a los efectos de la radiación sobre la digestibilidad de la proteína, el valor biológico, la utilización neta proteica o la composición de los aminoácidos, Ley (1979) indica que no se presentó ningún resultado adverso en los animales empleados en sus diseños experimentales. Hasta el presente se siguen haciendo estudios para evaluar los cambios que pudieran llegar a ocurrir en ingredientes que se utilizan en la elaboración de alimentos para diversos grupos de animales (Maity *et al.*, 2009; Franco *et al.*, 2015), disminuyendo los niveles de irradiación ya probados y distinguiendo los efectos en la actividad intestinal, por ejemplo en la concentración de CO₂, CH₄ y otros productos de fermentación del rumen (Wahyono *et al.*, 2018).

Tacon *et al.* (1998), entre varios investigadores, alertan que los ingredientes y alimentos pueden actuar como vectores para la introducción y transmisión de patógenos a los recintos de cultivo de los organismos acuáticos. Por ello, consideran necesario la implementación de tratamientos térmicos e irradiación para mejorar las condiciones sanitarias de las distintas fuentes de

alimentos que se suministran (Coelho, 1994; Said, 1996). Es común que las materias primas destinadas para la elaboración de piensos tengan una alta carga de microorganismos productores de toxinas que acarrear consecuencias severas en la producción (Tacon, 1989).

Respecto a las dosis de irradiación de piensos, Guillén (2012) señala dosis de 2 a 25 KGs y para combatir la *Salmonella* aprobado por la FDA. De manera similar, OMS (1989) indica que se pueden aplicar dosis de 3-10 kGy a concentrados de proteínas y preparaciones enzimáticas comerciales que se usan en la industria alimentaria, pues suelen estar contaminadas; en dicho proceso no se altera el sabor, la textura u otras propiedades, dejando los microorganismos sobrevivientes más sensibles a los procesos posteriores.

Irradiación de subproductos acuícolas

Las investigaciones conducentes a generar biomateriales o bioactivos a partir de desechos de productos pesqueros y

acuícolas han aumentado debido a los múltiples beneficios que originan, como la producción *per se* de un nuevo material, agregación de valor a la pesquería del recurso o a su cultivo, disminución importante de los residuos que no se utilizan como subproductos en otras industrias.

Al respecto, se ha probado la radioesterilización de potenciales insumos para uso médico, pudiéndose citar las investigaciones de Saenz (2017) quien radioesterilizó un material colagenoso obtenido previamente a partir de escamas de carpa plateada (*Cyprinus carpio*) a distintas dosis de rayos gamma; Lima-Junior *et al.* (2017) irradiaron piel de tilapia cultivada (*Oreochromis niloticus*) a dosis de 30 KGs de rayos gamma para ser usada como apósito biológico oclusivo en el tratamiento de quemaduras. Es de hacer mención que el Centro Nacional de Investigaciones de Pesca y Acuicultura (CENIPA) junto con la Unidad Planta de Irradiación por Rayos Gamma (PEGAMMA) del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

(IVIC), recientemente ensayaron la radioesterilización gamma de pieles de tilapia procedentes de organismos cultivados en el estado Carabobo (Venezuela) y el producto obtenido se encuentra en investigaciones de prueba para verificar su calidad como insumo médico (Ruth Vásquez, CENIPA, Venezuela, enero 2021).

Otra línea de investigaciones con desperdicios de organismos acuáticos pero con la finalidad de generar un aditivo alimenticio antimicrobianos es la ejecutada por García *et al* (2014), en la cual se irradió quitosano obtenido de la quitina del exoesqueleto de la langosta común (*Panulirus argus*) a dosis de 5, 10, 20 y 50 kGy con la finalidad de disminuir la masa molecular del polímero e incrementar su capacidad antimicrobiana. En ese mismo orden de ideas, Henriques (2015) señala que los agricultores de Vietnam utilizan oligoquitosano para proteger las plantas de infecciones fungosas y bacterianas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas	Desventajas
No produce residuos tóxicos en los alimentos, ni los hace radioactivos.	Las inversiones en infraestructura y equipos son muy altas.
Aumenta las oportunidades de distribución haciendo posible su transporte en regiones distantes.	Los costos de radionucleidos y las fuentes de irradiación son elevados.
Puede evitar o reemplazar el uso de tratamientos químicos y ser combinada con otros métodos de conservación.	Para efectos de rentabilidad es imperante contar con la aprobación de la comercialización de los países desarrollados importadores.
Se obtienen alimentos con la apariencia de alimentos frescos.	Precisa de personal adiestrado, equipo especializado y reglamentación que garantice que el proceso se lleva a cabo correctamente.
Se puede aplicar a los alimentos en varias presentaciones (envases pequeños, a granel, congelados, temperatura ambiente) y distintos materiales de empaque (plástico PE, PET, PVC, papel o cartón), lo que facilita el despacho de los productos pues sería la última etapa antes de la distribución.	Aminoácidos, vitaminas y carbohidratos pueden resultar destruidos por la radiación. Aunque esto también ocurre con otras técnicas de conservación por desnaturalización o solubilidad.

Tabla 4. Principales ventajas y desventajas de la irradiación de alimentos

CONCLUSIONES

La firma isotópica y de la radioactividad proporciona valiosa información de utilidad en diversas áreas. Su uso en las determinaciones de aspectos como flujo de energía e incorporación de macro y micromoléculas en distintas fases de los ciclos de vida, contribuyen con la comprensión de la fisiología digestiva y su interpretación para el mejoramiento de dietas. Por otra parte, la aplicación en el trazado de nutrientes y contaminantes ofrece datos precisos del origen, confluencia y magnitud del impacto de diversas actividades en un ámbito determinado y su dispersión, sirviendo esta información para la formulación y

reestructuración de planes de gestión.

La inactivación y eliminación de microorganismos y parásitos por radiación en los productos pesqueros y acuícolas genera alimentos inocuos, sin radioactividad y con extensión de su vida útil, contribuyendo a disminuir las enfermedades de transmisión alimentaria y mejorar las oportunidades de distribución. Ese mismo proceso aplicado a alimentos naturales e inertes destinados para consumo de los organismos cultivados mejoraría la bioseguridad y los niveles de producción en los recintos de cultivo. De igual modo, la radioesterilización de productos desarrollados a partir de residuos

acuáticos, así como la generación de biopolímeros modificados por radiación contribuyen al saneamiento ambiental y a la diversificación de las actividades productivas.

AGRADECIMIENTOS

Esta revisión bibliográfica y su difusión forma parte de las actividades de la República Bolivariana de Venezuela como integrante del proyecto ARCAL RLA5079 "Aplicación de técnicas radio-analíticas y complementarias en el seguimiento de contaminantes en la acuicultura", financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica. Se agradece a Karla Molina y a James Sasanya por los aportes al manuscrito.