



EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA **SVA**

**FISIOLOGÍA ESPERMÁTICA DE LA
CACHAMA BLANCA, CACHAMA NEGRA
Y BOCACHICO / COPORO. PECES
AUTÓCTONOS DE INTERÉS PRODUCTIVO**
PÁGINA 05

**LOS SISTEMAS DE RACEWAYS.
SECCIÓN 1. SISTEMAS DE RACEWAYS
EN ESTANQUES**
PÁGINA 35

**SEIS FORMAS DE HACER QUE SUS
OPERACIONES ACUÍCOLAS SEAN MÁS
RESILIENTES AL CLIMA**
PÁGINA 50

JULIO 2024 | VOL. 4 | NÚMERO 3

EL ACUICULTOR

UNA REVISTA DE LA SVA

JUNTA DIRECTIVA

PRESIDENTE
Eduardo Castillo

VICEPRESIDENTE
Alex Guevara

SECRETARIO
Daniel Arana

TESORERO
Héctor Rincón

VOCALES
Abraham Mora
German Poleo
Edwis Bravo
Oswaldo Marín

SUPLENTE
Juan Urich
Eugenio García
Víctor Blanco

EQUIPO OPERATIVO

DIRECTOR EJECUTIVO
Araldo Figueredo

DIRECTOR EDITORIAL
Alex Guevara

DIRECTORA OPERACIONES
Marcia Guevara

DIRECTOR DE ARTE
Wander Parada

COORDINADOR DE PÁGINA WEB
Víctor Cabezuelo



¡COMPROMETIDOS CON EL
DESARROLLO ACUÍCOLA DE LA REGIÓN!

GRACIAS A NUESTROS PATROCINANTES



CONTACTO

Web: svacuicultura.org / **Email:** info@svacuicultura.org



Sociedad Venezolana de Acuicultura

CONTENIDO

CONTENIDO

JULIO 2024 | VOL. 4 | NÚMERO 3

Pág. / Contenido

04. Editorial: Certificación en acuicultura

05. Fisiología espermática de la cachama blanca, cachama negra y boca-chico / coporo. Peces autóctonos de interés productivo

13. Precría intensiva de camarón: ¿una actualización en el proceso productivo puede marcar la diferencia?

21. Revisión de alternativas al uso de antibióticos en acuicultura

28. Estudio de la interacción molecular entre las toxinas Pir A y Pir B de *Vibrio parahaemolyticus*, causantes de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND) y potenciales ligandos inhibidores: Una propuesta de investigación

35. Los sistemas de raceways. Sección 1. Sistemas de raceways en estanques

42. Estrategias para el control del síndrome de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPNS/EMS) y la enfermedad altamente letal por *Vibrio* (HLV-D/GPD/TPD).

50. Seis formas de hacer que sus operaciones acuícolas sean más resilientes al clima

57. ¿Cómo se cultivan los insectos comestibles? Seis aspectos clave

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





+ 28 años

de innovación junto a las marcas líderes de la industria



MEGASUPPLY®

tu socio de confianza Sigamos haciendo acuicultura juntos.



www.megasupply.net | ventasVE@megasupply.net

EDITORIAL

CERTIFICACIÓN EN ACUICULTURA

El concepto de las certificaciones surge por la necesidad de validar determinados principios o prácticas que lleva a cabo una organización en sus operaciones. Cuando un ente independiente, no vinculado a parte interesada, se pronuncia sobre la validez de tales conceptos, automáticamente se genera una aprobación. Ésta última será proporcional a la ascendencia que alcance el órgano auditor sobre el circuito. Al respeto y confianza que merezca de sus contrapartes.

La aprobación puede convertirse en un mejor posicionamiento de la organización en el sector y, consecuentemente, en una mayor percepción de calidad y demanda de sus productos. Como resultado final, las empresas certificadas pueden aspirar a mejores precios de sus productos, lo cual constituye un verdadero tesoro en las circunstancias actuales de precios históricamente bajos en rubros como camarón y macroalgas.

Más allá del obvio beneficio económico que pueden generar, las certificaciones se están convirtiendo cada vez más en una manifestación de una cultura organizacional más madura, evolucionada y sólida. Toda una filosofía de buenas prácticas, responsabilidad laboral, conciencia ambiental y justicia social se entremezclan con diversos matices en las certificaciones acuícolas existentes. Son muchas las plataformas que están ofreciendo estas herramientas, como la Aquaculture Stewardship Council (ASC) y Best Aquaculture Practices (BAP), por citar dos.

En tal sentido, varias organizaciones productivas nacionales, donde destacan los grupos Lamar y Confremarca, han sido merecedoras de distinciones de esta naturaleza. Algunos de estos casos serán expuestos como artículos en próximos números. También abordaremos en futuros ejemplares la primera iniciativa de normalización en acuicultura que se está llevando en el país.

Desde la SVA siempre hemos dado créditos a la importancia de la certificación en acuicultura. Esto puede corroborarse con diversas iniciativas que hemos desarrollado, como artículos en nuestra revista y webinars, todos enteramente a su disposición.

Aspiramos que, tras leer estas líneas, resulte evidente que el fortalecimiento de la camaricultura nacional parte de una transformación profunda de las propias organizaciones productivas, donde las certificaciones han sido un indicador primordial. Consecuentemente, es muy deseable que esta experiencia sea conocida y adoptada por los productores de otros rubros acuícolas, en procura de una adaptación paulatina a las exigencias de estos instrumentos de normalización y, de manera similar, se produzca el robustecimiento de la acuicultura en todas sus manifestaciones.



Eduardo Castillo
Presidente de la SVA

PARA CONSULTAR

<https://lc.cx/q2p4aV>

<https://lc.cx/8ExUqw>

FISIOLOGÍA ESPERMÁTICA DE LA CACHAMA BLANCA, CACHAMA NEGRA Y BOCACHICO / COPORO. PECES AUTÓCTONOS DE INTERÉS PRODUCTIVO

David Rincón

Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA), Decanato de Agronomía, Estación de Piscicultura. Barquisimeto, Lara, Venezuela.

david.rincon@ucla.edu.ve

Resumen

El objetivo de la presente investigación es exhibir la importancia de los procesos fisiológicos de la producción seminal para la reproducción inducida en tres (3) de las más importantes especies autóctonas de interés en la piscicultura nacional como lo son la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), cachama negra (*Colossoma macropomum*) y el bocachico / coporo (*Prochilodus* sp.), debido a su marcada estacionalidad reproductiva como limitante en relación a la disponibilidad de gametos en épocas determinadas, restringiendo la producción y disponibilidad de alevines para la producción continua de estas diferentes especies durante el año.

Palabras clave: Reproducción, seminal, autóctonas, peces, alevines.

Introducción

Los procesos de reproducción no se afectan totalmente en cautiverio, persistiendo el desarrollo progresivo de las

gónadas en general hasta las etapas finales de la maduración del gameto y deteniéndose la secuencia solamente cuando el gameto es liberado. Tanto la maduración gonadal (proceso fisiológico) como el desove se han considerado desde hace mucho tiempo como respuestas a estímulos ambientales como temperatura, horas de luz en el día (fotoperiodo) y pluviosidad, entre otros factores (Harvey y Hoar, 1980).

Los espermatozoides de peces, cuando son liberados al agua, cuentan con un breve periodo de activación (limitado a pocos segundos en varias especies), expresado en movilidad y velocidad de desplazamiento progresivo para lograr la fertilización. Al contrario de lo que sucede en mamíferos, los espermatozoides de teleósteos no poseen acrosoma, ya que entran a través de un orificio de la ova (oocito) llamado micrópilo. Al ser liberados los oocitos en el agua, éstos se hidratan y cierran su micrópilo, por lo cual los espermatozoides liberados durante la espermiación deben activarse y moverse en el agua para lograr la fertilización antes de este periodo. Es posible que estos mecanismos se hayan dado evolutivamente debido al corto periodo de competencia para la fertilización, de allí la importancia de comprender los procesos fisiológicos de la

activación del espermatozoide en los peces (Núñez, 2003; Tabares y col., 2005).

La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), cachama negra (*Colossoma macropomum*) y bocachico (*Prochilodus* sp.), todos autóctonos de ríos venezolanos, son considerados las especies de mayor potencial productivo y comercial en la piscicultura extensiva, semi intensiva e intensiva de aguas cálidas en el país. Son resistentes al manejo en cautiverio, muestran alta docilidad y rusticidad, resistencia a enfermedades y fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por períodos no prolongados (Castillo, 2000; Mesa-Granda y Botero-Aguirre, 2007).

Así mismo, en Venezuela el 80% de la producción de alevinos de interés comercial se basa en híbridos de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*, encontrándose reportes sobre la inducción hormonal en estas especies. Sin embargo, muy poco se conoce sobre los eventos internos que se suceden en este caso (Botero y col., 2004).

En esta revisión bibliográfica se presenta el proceso fisiológico espermático que ocurre para la formación, maduración, liberación y capacitación en la cachama blanca, cachama negra y bocachico, todos peces de interés acuícola. Así mismo, se reseña su potencial biotecnológico en la producción animal.

Aspectos generales de la reproducción de la cachama blanca (*P. brachypomus*), cachama negra (*C. macropomum*) y bocachico (*Prochilodus* sp.)

Época reproductiva

La reproducción natural de las dos especies de cachamas registradas en Venezuela, cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y cachama negra (*Colossoma macropomum*), así como la del bocachico (*Prochilodus* sp.) poseen estacionalidad reproductiva, ya que están relacionadas con periodos hidrológicos que determinan, temperatura del agua, fotoperiodo, niveles de los ríos y las migraciones, por lo que el período de reproducción natural óptimo ocurre entre los meses de marzo y julio. Asimismo,

se presenta una segunda época reproductiva desde el mes de septiembre hasta noviembre, catalogada ésta como poco eficiente (Velasco-Santa María y col., 2006).

El desove se lleva a cabo durante la época de bonanza, la cual es llamada por los pescadores como "candelero", que ocurre cuando aparece el invierno y el río vuelve a inundar nuevamente las ciénagas, a donde son enviadas la mayoría de las larvas en donde encuentran condiciones óptimas para su desarrollo. Durante el año se presentan estas migraciones siguiendo los patrones de las lluvias y los movimientos de los peces que le sirven de presa (Cortés-Millán, 2003).

Anatomía del pez

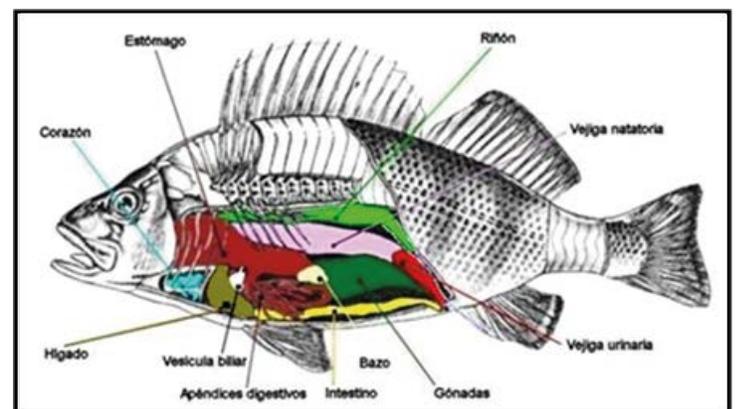


Figura 1. Disposición esquemática de los órganos internos de un pez.

Aparato reproductor masculino

Los testículos son en forma de sacos alargados (figura 2). En estado inicial de maduración sexual, las gónadas tienen apariencia de dos vesículas alargadas, cuya superficie está tapizada de pequeñas estructuras vesiculares. En los estados avanzados de madurez sexual, las gónadas ocupan más de las tres cuartas partes de la cavidad abdominal. Se localizan en posición ventral a la columna vertebral y a la vejiga hidrostática (natatoria), prolongándose en dirección caudal por el canal deferente. De cada testículo se origina un espermiducto (donde se encuentran los compartimientos lobular e intersticial) que desemboca en la papila urogenital, ubicada detrás del ano. La cantidad promedio de espermatozoides a liberar se encuentra en $1,2 \times 10^9$ spz por cada 3 mL. de volumen seminal (Cruz-Casallas, 2001; Arias y Hernández, 2009).



Figura 2. Estructura reproductora, sacos espermáticos (A) y papila urogenital (B).

Morfología del espermatozoide

El espermatozoide de cachama, presenta una estructura muy simple de tipo primitivo (**figura 3**), la cual se desglosa de la siguiente manera:

- **Cabeza:** mide entre 2-4 micras y es casi esférica. Carente de acrosoma, depósito de todo el material genético a transmitir.
- **Pieza media:** collar intermedio donde se encuentran los centriolos y entre 2-9 mitocondrias.
- **Flagelo o cola:** el flagelo constituido por el axonema en arreglo de nueve pares de microtúbulos periféricos y un par central, sin proyecciones laterales (Cerdà, 2002; Tabares y col., 2005).

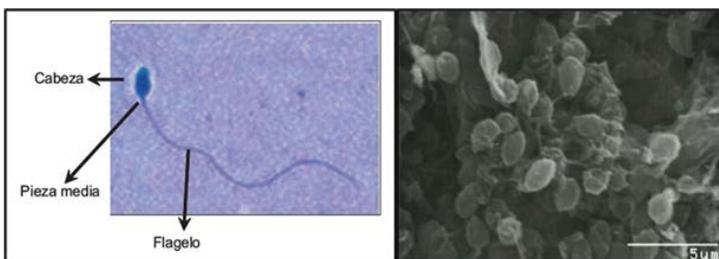


Figura 3. Morfología del espermatozoide de cachama blanca.

Los espermatozoides de este grupo de especies objeto a estudio, entran dentro de la clasificación de los aquaespermatozoides, debido a que la fecundación en esta especie se realiza en el agua (Tabares y col., 2005).

Fisiología espermática de la cachama blanca, negra y bocachico / coporo

Estímulos ambientales-Sistema nervioso central

El sistema nervioso central en peces desempeña un papel relevante en el control de la reproducción. La percepción de estímulos ambientales como la duración del día (fotoperiodo), la temperatura y la pluviosidad, está regida por este sistema e incluye el paso de la información desde los receptores sensoriales hasta el cerebro. Al llegar al hipotálamo, la información neural determina la actividad de la hipófisis por medio de mensajeros químicos denominados hormonas liberadoras. Éstas, a su vez, estimulan la hipófisis para liberar a la circulación general una hormona llamada gonadotropina, cuyo destino es la gónada. Su efecto es estimular la producción de esteroides sexuales en la gónada, esteroides que posteriormente serán responsables de la maduración de los gametos (Muñoz, 2003).

Hipófisis e Hipotálamo

En vertebrados, la hipófisis consta de una porción nerviosa, la neurohipófisis, constituida por axones de células neurosecretoras que proyectan a la hipófisis y de una porción endocrina, la adenohipófisis, constituida por células secretoras no nerviosas. La neurohipófisis se deriva del suelo del infundíbulo, mientras que la adenohipófisis se origina por formación de una placoda en el techo del ectodermo bucal. La neurohipófisis se puede dividir en tres regiones: el tallo neural, el lóbulo neural y la eminencia media. En el lóbulo neural se encuentran vasos sanguíneos que no suelen contactarse con la adenohipófisis. La adenohipófisis se divide normalmente en dos regiones: la pars intermedia (PI), en aposición al tejido nervioso neurohipofisario, que contiene las células melanotropas (MSH), y la pars distalis (PD), que constituye la parte más compleja, ya que contiene las células lactotropas (PRL), corticotropas (ACTH), gonadotropas (FSH, LH), somatotropas (GH) y tirotropas (TSH) (Muñoz, 2003).

Hormonas liberadoras de las gonadotrofinas

El patrón básico de distribución de las células GnRH sugirió la existencia de dos sistemas principales: un sistema GnRH I distribuido a lo largo de la porción ventral del cere-

bro anterior (nervio terminal, telencéfalo ventral, área preóptica e hipotálamo) y otro sistema GnRH II que está en la transición entre el diencéfalo y el mesencéfalo (sinencéfalo), expresada de forma conservada. En este sentido, se ha propuesto una nueva clasificación de las distintas formas de GnRH, basada en el análisis filogenético de las diferentes secuencias obtenidas y en los sitios de expresión de estas formas de GnRH. Así, la forma GnRH I englobaría todas las formas hipofisiotróficas de GnRH, que se expresan principalmente en el hipotálamo y el área preóptica de los peces. La forma GnRH II se corresponde con la GnRH II de pollo, la cual se expresa de forma conservada en el sinencéfalo de todos los vertebrados, desde peces hasta mamíferos. La función principal de la GnRH I, es la estimulación de la secreción de gonadotrofinas hipofisarias, en particular de la forma de GnRH que se expresa en la región preóptica, encargadas de la liberación de las hormonas LH y FSH, la cual desencadena sus acciones hipofisiotróficas tras unirse a receptores específicos presentes en la membrana de las células gonadótropas adenohipofisarias (Muñoz, 2003).

Hormonas Gonadotrofinas

En tetrápodos, las gonadotrofinas están representadas por dos moléculas: la hormona luteinizante (LH) y la hormona estimulante del folículo (FSH), a las que hay que añadir en mamíferos una tercera gonadotrofina de origen placentario o gonadotrofina coriónica (GC). En peces ha existido controversia sobre la dualidad de las gonadotrofinas, si bien hoy está clara la presencia de dos moléculas con acción gonadótropa, denominadas GTH I o vitelogénica y GTH II o maduracional, según sus funciones en el ciclo reproductivo (**figura 4**). Actualmente se acepta que la GTH I de peces se corresponde con la FSH de tetrápodos, mientras que la GTH II se corresponde con la LH (Carrillo 2009).

La LH y la FSH cumplen papeles diferentes en el ciclo sexual en mamíferos, pero al hablar de los papeles fisiológicos de las gonadotrofinas en teleósteos surge el tema de la dualidad, ya que las dos gonadotrofinas han sido capaces de estimular la síntesis y secreción de estradiol, así como tampoco se evidencia diferencia en la ruptura de la vesícula germinal en los oocitos. Igualmente, ambas gonadotrofinas han sido capaces de estimular la esteroidogénesis testicular, aunque variando esta respuesta a lo largo de la espermatogénesis. Tanto la FSH como la LH son capaces de estimular la producción *in vitro* de 11 cetotestosterona (11-KT) y de

17 α ,20 β dihidroxiprogesterona (17 α ,20 β DHP) por parte del testículo, por lo que la LH y FSH son equipotentes en la estimulación de la producción de estos esteroides durante las fases tempranas de la espermatogénesis, no así al final de la misma, ya que la LH es más efectiva en la estimulación de 17 α ,20 β DHP (Harvey y Hoar, 1980; Hadi y col., 2007).

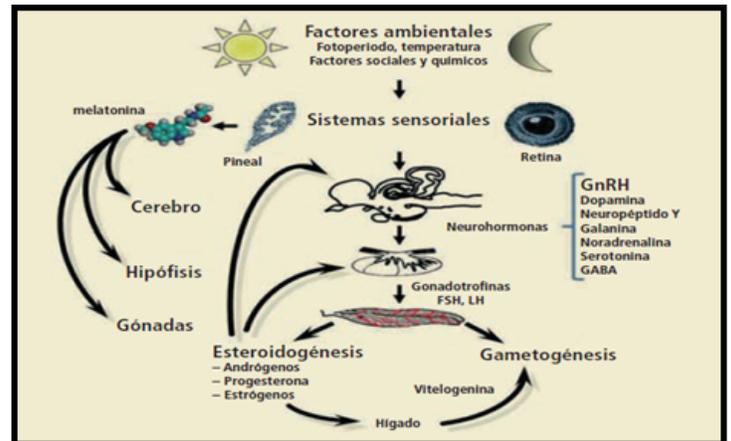


Figura 4. Eje reproductivo en peces.

Espermatogénesis

La espermatogénesis es un proceso complejo que ocurre en el testículo bajo el control del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. Ésta consiste en continuas divisiones mitóticas y meióticas seguidas por un proceso de maduración lo que llevarán a la producción de espermatozoides a partir de espermatogonias (Carrillo, 2009).

El testículo de los peces está constituido por dos compartimentos, el lobular y el intersticial (**figura 5**). El primero contiene espermatogonias y células somáticas asociadas a ellas, o células de Sertoli. El lóbulo testicular está constituido por varios espermatocistes, donde el más simple lo constituye una sola espermatogonia (primaria) rodeada por una o unas pocas células de Sertoli, quienes tienen función de atención y mantenimiento, lo cual resulta crucial para la espermatogénesis y a su vez se encuentran en contacto con la membrana basal que separa el comportamiento lobular del intersticial. En el compartimiento intersticial, hay fibroblastos, vasos sanguíneos y linfáticos y las células de Leydig que son de origen somático. Estas células son la fuente principal de esteroides testiculares, ya que cuenta con la presencia de varios enzimas responsables de la síntesis de hormonas esteroides (Hadi y col., 2007; Carrillo, 2009).

La espermatogénesis se divide en los siguientes estadios: renovación de las espermatogonias (espermatocitogénesis), proliferación de las mismas hasta la meiosis (divisiones meióticas), espermiogénesis y maduración del esperma.

Espermatocitogénesis: Las espermatogonias son células diploides con un bajo grado de diferenciación ubicadas en la región más distal del compartimiento lobular. Dichas células, tras sufrir continuas divisiones mitóticas, darán lugar a espermatogonias tipo A, intermedias, tipo B y espermatocitos primarios. Tras esta división de tipo clonal, los espermatocitos primarios sufren la primera meiosis, proceso que da origen a los espermatocitos secundarios, los cuales sufrirán la segunda meiosis para la obtención de células haploides

denominadas espermátides redondas (Phillips y Gasseil, 2010).

Espermiogénesis: Una vez finalizada la espermatocitogénesis, inicia un proceso de maduración nuclear y citoplasmática conocido como espermiogénesis, donde las espermátides redondas (células haploides), mediante mitosis, dan origen a las espermátides alargadas (células haploides) (Hadi y col., 2007).

Espermiación: Es la fase final de la espermatogénesis, consiste en la ruptura de los tallos citoplasmáticos que se mantienen entre grupos de espermátides alargadas, lo que finalmente permite que las células germinales (espermatozoides) sean liberadas al lumen (Muñoz, 2003).



Figura 5. Corte transversal del testículo de una cachama.

Una diferencia importante entre mamíferos y peces teleósteos (cachama) es el tipo de espermatogénesis. En mamíferos, en un momento preciso, una célula de Sertoli contacta con varios clones de células germinales a la vez, pero solo puede mantener un cierto número de ellas que es característico, dependiendo de la especie, donde además en última instancia, determina el tamaño del testículo y la cantidad de esperma producido. En la cachama, la espermatogénesis es cística y ello implica que todas las células germinales de un espermatociste determinado deriven de una sola espermatogonia primaria. Esta, al dividirse sincrónicamente, constituye un clon de células germinales bordeadas por extensiones citoplasmáticas de las células de Sertoli que

le acompañaran durante todo el proceso de espermatogénesis. Por lo que, en la fase mitótica, las células germinales de un espermatociste aumentan en número al igual que las células de Sertoli asociadas, y a diferencia de lo que ocurre en los mamíferos, con la fase meiótica la proliferación de éstas no cesa pero se reduce considerablemente. La barrera de células de Sertoli, regula y proporciona la entrada de nutrientes, factores de crecimiento y de diferenciación y de mitógenos apropiados a las células germinales, a la vez que las protege de agentes dañinos y de su propio sistema inmune.

Mecanismos de capacitación, inhibición y activación de la movilidad

- Capacitación

Aunque el mecanismo no se conoce completamente, las investigaciones desarrolladas hasta el momento sugieren que los espermatozoides maduran y adquieren capacidad de activación durante el pasaje a través del conducto espermático cuyo fluido (plasma seminal) es de pH básico y rico en bicarbonato (HCO_3^-). El movimiento transmembranal del HCO_3^- probablemente favorecido por antiportes Na^+/H^+ sería el responsable del aumento del pH intracelular (pHi) y también podría regular el metabolismo de adenosín monofosfato cíclico (AMPc), ya que en los espermatozoides la adenilato ciclasa es estimulada directamente por este anión (Andrade y col., 2001; Tabares y col., 2005).

- Inhibición

Los factores de inhibición de la movilidad en los conductos espermáticos en peces de agua dulce son: la presión osmótica, concentración de K^+ y pH del plasma seminal. Estos mecanismos se han venido clarificando cada vez más debido a su importancia en la reproducción de peces y muestran la diversidad adaptativa de las especies ante condiciones cambiantes, es probable que estos no sean los únicos factores involucrados, sin embargo, las pocas investigaciones limitan los factores. Resulta importante mencionar que los parámetros que suprimen la movilidad son neutralizados en el momento de la espermiación por las condiciones del medio ambiente, así, los iones K^+ en el plasma seminal inhiben la movilidad espermática, efecto que se supera cuando el semen se diluye en el medio acuoso (Andrade y col., 2001; Hadi y col., 2007).

- Activación

Los espermatozoides de estos peces son inmóviles en el testículo y adquieren progresivamente el potencial de movilidad a través de su pasaje por el conducto espermático, permaneciendo inmóviles hasta ser liberados al medio acuoso donde diferentes factores interactúan para desencadenar una respuesta que produce la activación de la movilidad. Los espermatozoides de los peces al ser liberados al medio ambiente acuoso, deben responder a condiciones fisicoquímicas como: cambios en la presión osmótica, balance iónico y pH, lo que se conoce como un choque hiposmótico (Tabares y col., 2005).

El agua dulce (continental) tiene una baja osmolaridad en comparación con el plasma seminal, así, ocurre un choque hiposmótico que genera la señal inicial para los eventos que conducen a la activación y que en la mayoría de peces continentales tiene un rango de duración entre 30-40 segundos. El choque hiposmótico produce una respuesta celular, resultando en la activación de la movilidad flagelar de las células espermáticas y también en un incremento del pH intracelular alterado por el incremento o disminución de la concentración iónica interna (Márian y col., 1997; Tabares y col., 2005).

Aspectos biotecnológicos

Criopreservación seminal del semen de cachama blanca y negra.

Una de las alternativas de la reproducción por fuera de la estación reproductiva de los peces, es la técnica de la criopreservación de gametos, la cual consiste en conservación de células vivas mediante la utilización de bajas temperaturas, logrando detener los procesos de envejecimiento y degeneración celular (Vásquez y col., 1998).

La criopreservación de semen de peces, ha sido estudiada ampliamente en países suramericanos como Colombia, arrojando antecedentes como: Aspectos generales de la crioconservación espermática en peces teleósteos (Medina -Robles y col., 2005); Espermiación inducida y crioconservación de semen de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Fresnada y col., 2004); Evaluación de cinco protectores para la crioconservación de semen de Cachama Blanca (Navarro y col., 2004); Técnicas de laboratorio para la evaluación de la calidad seminal en peces (Cruz-Casallas, 2001) y más recientemente Brasil presentando estudios como: Evaluación espermática post-descongelación en tambaquí (*Colossoma macropomum*), (Menezes y col., 2008); Revisión: Calidad y criopreservación espermática en peces de agua dulce del Brasil (Viveiros y Godinho, 2009) y Semen colectado fuera de la época reproductiva y criopreservado de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) en diferentes medios del río Amazonas (Nascimento y col., 2010).

Reproducción inducida (tratamiento hormonal)

Se inicia con la selección de los animales reproductores de cachama blanca (hembras y machos) a los cuales se les evaluará el estado de su madurez sexual, según las siguientes

tes características: las hembras de cachama negra se reconocen maduras al presentar el abdomen abultado, papila urogenital enrojecida y levemente protruida. La madurez de los machos de cachama blanca se reconoce por la emisión de semen ante una leve presión de la región abdominal (Botero y col., 2004). Para confirmar el estado de madurez de la hembra seleccionada, debe practicarse una biopsia ovárica, donde se extrae una muestra de oocitos para ser evaluada bajo los siguientes criterios:

- **Hembra inmadura:** cuando el 80% de los oocitos son pequeños, irregulares y sin núcleo aparente.
- **Hembra iniciando maduración:** cuando el 50% de los núcleos están en posición central, los oocitos son regulares, ooplasma diferenciable, en este estado se considera que se está terminando la fase de vitelogénesis.
- **Hembra madura:** Cuando entre un 50-60% de los núcleos están migrando hacia la periferia, los oocitos van unidos en cadena.
- **Hembra sobre-madura:** presentan oocitos en proceso de atresia, deformes (Useche, 2004).

Para la inducción hormonal se emplea extracto hipofisario de carpa (EHC) a razón de 3 mg/kg de peso corporal para los machos de cachama blanca (Viveiros y col., 2009; Nascimento y col. 2010) y 5,5 mg/kg para las hembras de cachama negra (Arias y Hernández, 2009).

La hormona (EHC) es pesada en una balanza analítica, luego es diluida en solución fisiológica 0,9 % NaCl hasta un volumen suficiente para administrar entre 0,5 y 1,0 mL por animal de manera intramuscular (IM). Las inyecciones deben aplicarse en jeringas desechables, una única dosis para los machos, la cual coincide con la segunda dosis de la hembra; mientras que, para las hembras, se realizarán dos aplicaciones con intervalos de 12 horas entre ambas (Viveiros y col., 2009; Arias y Hernández, 2009).

La recolección de las gónadas se realiza de la siguiente manera: los oocitos (hembras) son depositados en un envase plástico (totalmente seco), previo masajes abdominales en dirección cráneo caudal para la expulsión de los mismos. En el caso del macho, el animal es secado completamente y el semen colectado en tubos cónicos de vidrio, realizando varios masajes abdominales en la misma dirección que en la hembra. Posteriormente se mezclan con una pluma los gametos obtenidos en el envase donde se recolectaron los oocitos (fertilización en seco), agregándole agua para la activación espermática y la hidratación

de los oocitos para el cierre del micropilo. Al finalizar este proceso, los huevos son incubados en conos de acrílico hasta la eclosión de las larvas, donde el tiempo de eclosión varía según la temperatura del agua (Botero y col., 2004; María y col., 2006).

Producción de alevines

La producción acuícola para Venezuela en el año 2009 se ubicó en 6.304 toneladas métricas (TM), siendo el premier rubro en esta escala el camarón, seguido por la cachama (negra, blanca e híbrida), la trucha y la tilapia. Sin embargo, una problemática refiere a que la producción de alevines autóctonos (cachamas, bagres, bocachico, coporo), es insuficiente en cuanto a cantidad y calidad, puesto que la reproducción de estas especies se realiza una vez al año, debido a su ciclo biológico, en el cual únicamente experimentan la madurez sexual en la época de lluvias. Esto ocasiona que sólo los grandes productores puedan obtener los alevines, ya que los principales suplidores son laboratorios privados, dejando a la intemperie a pequeños productores, fundos y comunidades, presentándose un déficit de 4.000.000 de alevines de especies autóctonas (INSOPESCA, 2010).

En este sentido, el uso de la criopreservación de semen, permite su uso fuera de la época reproductiva de la especie, además facilita el movimiento e intercambio de material genético entre productores, mejora la eficiencia en la utilización de los parentales y contribuye a disminuir la presión sobre las poblaciones silvestres ejercida por los piscicultores en procura de nuevos sementales (Medina - Robles y col, 2005; FAO 2007). Por lo que, la criopreservación se presenta como una alternativa viable para la solución ante el déficit de alevines, aumentando la producción de alevines de híbrido de cachama (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), extendiendo su disponibilidad en el mercado piscícola nacional.

Conclusiones

El conocimiento obtenido a partir del estudio de la Fisiología espermática en peces autóctonos de interés comercial como la cachama blanca, negra y bocachico, ha de ser aplicado a los métodos que constituyen la biotecnología de la reproducción, en aras de optimizar el aprovechamiento de los recursos, tanto económicos y tecnológicos, como genéticos con el fin de aumentar el éxito reproductivo.

vo y fortalecer la actividad piscícola llamada a ser una de las principales áreas para la producción animal en el país.

Así mismo, conociendo los gametos desde el punto de vista biológico, fisiológico y metabólico, se pueden desarrollar tecnologías como la crioconservación, fertilización *in vitro*, conservación de embriones, androgénesis y ginogénesis acordes con las estrategias reproductivas de las especies. De esta forma la conclusión de algunos estudios sobre biodiversidad propone coleccionar y preservar los gametos de las diferentes especies, aun cuando no estén perfeccionadas las tecnologías enfocadas a repoblamiento, investigación o producción comercial de las mismas.

La técnica de hipofisación, a pesar de su aparente sofisticación, sigue siendo un arte. No es probable que sea desplazada de su posición de método de preferencia para el piscicultor rural y en efecto, puede emplearse sin equipos de refrigeración, centrifugado, balanceo eléctrico. Mientras no se conozca y se generalice una sustancia que cumpla con los requisitos de bajo costo, actividad conocida y que sea fácil de almacenar, el éxito del piscicultor aumentará más desarrollando un método confiable de verificar el estado de desarrollo gonadal.

Referencias bibliográficas

Disponibles a través del autor o la SVA.

AGRANCO VENEZUELA C.A



BENEFICIOS

- 💧 Aumenta el oxígeno disuelto
- 💧 Reduce el 90% de lodos orgánicos
- 💧 Reduce la formación de algas
- 💧 Control de factores físico-químicos en el agua (Nitritos, Nitratos, Amonio y Mortalidad)
- 💧 Disponibilidad biológica del alimento
- 💧 Aumenta la biomasa

EMAIL

agranco.ve@gmail.com

CONTACTO

Zoraida Villalba 0424-3185428



PRECRÍA INTENSIVA DE CAMARÓN: ¿UNA ACTUALIZACIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO PUEDE MARCAR LA DIFERENCIA?

Luiz Henrique Peregrino

AcquaQuantica Soluções em Aquicultura

acquaquanticaconsultoria@gmail.com



Diferentes estrategias de producción de camarón ya han sido difundidas en Brasil, con sus listas de ventajas y desventajas; ahora corresponde al productor elegir y definir la que mejor se adapte a sus necesidades, condiciones y momento productivo.

A la luz de este contexto, se presentan en este artículo algunas experiencias prácticas que muestran cuánto aún

podemos mejorar las prácticas de manejo utilizadas en el sector de precría intensiva para obtener nuevas ganancias zootécnicas, a pesar de que esta tecnología está muy extendida y se practica en muchas camaroneras en Brasil.

La información contenida en el artículo refleja los resultados reales obtenidos en la granja São Francisco, que

produce camarones desde hace aproximadamente 18 años y está ubicada en el Municipio de Amontada, en la costa del Estado de Ceará. La finca trabaja con viveros intensivos desde hace más de 5 años y el área productiva está compuesta por 6 tanques circulares, fabricados en fibra de vidrio con un volumen individual de 60 m³. El sector forma parte de un invernadero con una estructura de acero galvanizado cubierto con plástico agrícola, como se muestra en la **Figura 1**.



Figura 1. Estructura de tanques intensivos de precría en la Hacienda São Francisco.

Luego de realizar una visita de diagnóstico a fines de julio de 2022, se propusieron algunos ajustes estructurales y cambios en el protocolo de manejo, con el objetivo de mejorar las técnicas utilizadas y obtener un sistema más equilibrado. El proporcionar una mayor estabilidad ambiental a las postlarvas en cultivo es un factor clave para extraer el máximo potencial de ganancia de peso y mejorar la salud e inmunidad de los animales antes de pasar a la fase de engorde.

Entre los ajustes propuestos, destacamos los principales: instalar una pantalla de sombra dentro del invernadero; separar uno de los tanques de precría para transformarlo temporalmente en un reservorio de agua madura; cambiar el protocolo de preparación del agua y fertilización, pasando de una receta más tradicional basada en fertilización química y melaza a un protocolo más simbiótico, basado en la fermentación de salvado de arroz puro; y mejorar el programa de alimentación, en base al porcentaje de biomasa específica, obtenido mediante la actualización diaria del cálculo de la relación PL/gramo, y no seguir protocolos de tablas fijas en función de la edad de las PLs o de los días de cultivo en los viveros.

Instalación de pantalla de sombra

La sugerencia de instalar una pantalla de sombra dentro del invernadero, como se muestra en la **Figura 2**, tuvo como objetivo promover una reducción de los niveles máximos de temperatura del agua en los tanques de precría, así como reducir la oscilación térmica a lo largo del día. Identificamos durante la visita que, en los días más cálidos, la temperatura del agua en los tanques superaba los 31°C, con una fluctuación diaria que llegaba a los 2°C.



Figura 2. Pantalla de sombra instalada dentro del invernadero, arriba de los tanques de precría.

Luego de que el virus de la mancha blanca (WSSV) llegara a la producción de camarón en Brasil, hace algunos años, se difundió la falsa noticia de que, al calentar el agua de cultivo a niveles superiores a los 31°C, el virus de la mancha blanca se inactivaría y se evitaría un brote de la enfermedad. Hubo entonces una gran prisa por cubrir los precriaderos con invernaderos, pero no se tuvo en cuenta que, al elevar la temperatura del agua a niveles superiores a los 30°C, se elevaría también el metabolismo de las larvas y del sistema en su conjunto, estresando a los animales y aumentando también el potencial de multiplicación de otros agentes potencialmente patógenos que proliferan bajo estas condiciones ambientales, como la bacteria *Vibrio* y el virus de la mionecrosis infecciosa (IMNV). Esta es una llamada de atención no solo para las unidades de precría, pero para todos los sistemas de producción intensivos en camaronicultura que utilizan invernaderos con el objetivo principal de sobrecalentar el agua. Dar estabilidad siempre será más importante que simplemente subir la temperatura.

Con la experiencia adquirida a lo largo de los años, se pudo comprender que lo ideal es mantener los niveles máximos de temperatura del agua alrededor de 27 a 28 °C, pero con una oscilación térmica diaria (diferencia entre la máxima y

la mínima del día) por debajo de 1°C. En esta condición, se saca al animal de la zona de estrés y mantiene el metabolismo del sistema bajo control. Otro factor importante que se logra con la instalación de la pantalla sombreadora es reducir la luz incidente sobre el agua en los tanques, reduciendo la capacidad de multiplicación y fotosíntesis de las microalgas. Esto también reduce las fluctuaciones diarias en el pH, otro parámetro clave, que puede desencadenar brotes de enfermedades como la mancha blanca. Me atrevería a decir que el factor pH tiene más influencia en los brotes de manchas blancas que el factor temperatura. Cuidando mejor estos aspectos, el sistema entrará en equilibrio más rápidamente, pasando de una dominancia autotrófica (dominancia de algas) a una condición heterótrofa (dominancia de bacterias) más rápidamente, lo que proporcionará un ambiente más colonizado, desde el punto de vista de las bacterias beneficiosas que protegen el sistema.

Postlarvas/gramo

El PL/gramo (o PL/g) es una relación desarrollada para establecer un estándar de clasificación de postlarvas, y determina la cantidad de PLs en un gramo de peso. De esta forma, cuanto menor sea la cantidad de PL existentes en un gramo, es decir, cuanto menor sea el PL/gramo, mayor será el peso promedio o el tamaño individual de estas PLs. En la práctica, para encontrar el PL/gramo, recolectamos una pequeña muestra de PLs del tanque que se medirá y colocamos esta muestra en una balanza para verificar su peso total. Suponiendo que encontramos el valor de 2,5 g, al contar individualmente la muestra, contamos 145 PLs, dividimos 145 entre 2,5 g (peso total de la muestra) y obtenemos 58, que será nuestro PL/g. Con el PL/g igual a 58, podemos entonces calcular el peso individual medio de las PL, dividiendo 1 g por 58 y llegando al resultado de 0,017 g o 17 mg. Con este peso promedio es posible calcular la biomasa sembrada.



Figura 3. Pesaje de PLs para calcular la biomasa transferida y posterior sobrevivencia final del precriadero.

Depósito de agua pre madurada

Recomendamos transformar temporalmente uno de los tanques de precría en un depósito para preparar agua madura. El agua madurada servirá como fuente de abastecimiento de los tanques de cría durante todo el ciclo de cultivo, en lugar de utilizar agua directamente de la fuente para realizar recambios parciales o completar niveles tras realizar drenajes y/o sifoneos de limpieza de fondo.

El agua ya madurada logra mantener las características idóneas y la mayor similitud en relación a los parámetros hidrológicos de los tanques en cultivo, además de ayudar a recomponer las colonias de microorganismos benéficos, ayudando a mantener la estabilidad ambiental del sistema.

Cambio en el protocolo de preparación de agua y fertilización

El principal cambio sugerido en el protocolo de preparación del agua de los tanques intensivos fue pasar de la fertilización química tradicional, basada en la aplicación de nitrógeno, fósforo y sílice, a entrar en una fertilización orgánica, basada en la fermentación de salvado de arroz, levadura, bacterias probióticas, un poco de melaza y bicarbonato de sodio.

El protocolo sugerido modificó la preparación previa del agua, así como la rutina de mantenimiento durante el cultivo, y tuvo como principal objetivo la formación de diminutos coloides, colonizados por bacterias benéficas, que ayudan a mantener la diversidad bacteriana dentro del ambiente de cultivo. Todo esto favorece la multiplicación de la cadena alimentaria primaria, principalmente zooplancton, importante para la salud y el crecimiento de los camarones, especialmente en las primeras etapas de cultivo.

Mejorar la colonización bacteriana beneficiosa, además de favorecer el rápido establecimiento de la condición heterótrofa/simbiótica de los tanques, aporta el equilibrio ambiental necesario para que las PLs se desarrollen sin períodos de estrés, además de minimizar los frecuentes recambios de agua, que se realizan a diario desde los primeros tres o cuatro días de cultivo y hasta el final del ciclo de precría en cualquier rutina del manejo de finca convencional.

Mejora del programa de alimentación

El abastecimiento de alimentos para los tanques está tradicionalmente guiado por tablas fijas que han ido pasando, con el tiempo, por los proveedores de alimentos. Normalmente se basan en la edad de las PLs y/o en los días de cultivo en los viveros, en base a una cantidad preestablecida y haciendo valoraciones visuales de sobrantes, o no, para ajustar la ración.

Después de un análisis detallado de todos los procedimientos adoptados, se creó un programa de alimentación basado en la evaluación del PL/g diario. Con ello es posible calcular el peso promedio de los animales, la biomasa almacenada y establecer el porcentaje de biomasa a ofrecer como alimento a lo largo del día, situación similar a la que se realiza en la fase de engorde. Ofrecer alimento según el peso promedio del animal y la biomasa almacenada estimada es la forma más racional y eficaz de maximizar el programa de alimentación en la fase de precría.

Resultados de los cambios sugeridos en el primer y segundo ciclo de prueba

Establecidos los puntos de ajuste, se propuso dividir el área de precría en dos sectores, así: una parte de los tanques (B01 y B03) recibirían todas las alteraciones propuestas, mencionadas anteriormente, para mejorar sus protocolos. El tanque B05 se dejó como reservorio de agua madura, para hacer las reposiciones de nivel en los tanques B01 y B03 cuando fuera necesario. En la otra sección se mantendrían los otros tres tanques (B02, B04 y B06) con el protocolo de rutina de la granja, actualizando solo el programa de alimentación.

Al final de los 15 días de cultivo, los resultados zootécnicos obtenidos mostraron un aumento significativo en el peso final promedio de las PLs, especialmente cuando se compara con los resultados promedio históricos registrados por la granja. Los resultados de las pruebas propuestas en el primer ciclo, con los cambios realizados en los protocolos, se pueden ver en la **Tabla 1**.

1er ciclo	Tanque	PL/g Inicial	PL/g Final	Peso promedio inicial (mg)	Peso promedio final (mg)	Sobrevivencia (%)	Incremento de peso promedio durante el ciclo (mg)	Inc. de peso prom. final vs. promedio histórico
Cambios: Prog. de alimentación + fermentación + sombra + agua madurada	B01	263	24,04	3,8	41,6	91,0	37,8	141%
	B03	263	22,08	3,8	45,3	99,0	41,5	
Corrección de programa de alimentación	B02	263	30,19	3,8	33,1	112,0	29,3	100%
	B04	263	28,40	3,8	35,2	99,0	31,4	
	B06	263	25,18	3,8	39,7	95,0	35,9	
Promedio histórico		250 a 280	55,50	3,7	18,0	> 90	14,3	

Tabla 1. Resultado del 1er ciclo de pruebas realizado en los tanques de precría intensivos después de los cambios sugeridos en la estructura y protocolo de manejo.

Para confirmar los resultados y asegurar que los cambios propuestos fueran los responsables de la mejora significativa en los números logrados en el primer ciclo de pruebas, decidimos repetir un segundo ciclo, pero esta vez implementando sugerencias de mejora estructural y gestión para todos los tanques en el sector. Al igual que en el primer ciclo, los tanques se sembraron el mismo día, con una densidad media de 10 PLs por litro y, tras 15 días de cultivo, los resultados fueron incluso mejores que los del primer ciclo, lo que confirma la eficacia de los cambios implementados en el área de cultivo. El resultado del segundo ciclo se puede apreciar en la **Tabla 2**.

2do ciclo	Tanque	PL/g Inicial	PL/g Final	Peso promedio inicial (mg)	Peso promedio final (mg)	Sobrevivencia (%)	Incremento de peso promedio durante el ciclo (mg)	Inc. de peso prom. final vs. promedio histórico
Cambios: Prog. de alimentación + fermentación + sombra + agua madurada	B01	250	17,94	4,0	55,7	97,0	51,7	208%
	B02	250	17,94	4,0	55,7	101,0	51,7	
	B03	250	17,74	4,0	56,4	101,0	52,4	
	B04	250	19,29	4,0	51,8	97,0	47,8	
	B06	250	17,43	4,0	57,4	101,0	53,4	
Promedio histórico		250 a 280	55,50	3,7	18,0	> 90	14,3	

Tabla 2. Resultado del 2do ciclo de pruebas realizado en los tanques de precría intensivos luego de los cambios sugeridos en la estructura y protocolo de manejo.

Observaciones tras la introducción de actualizaciones en la estructura y manejo

La estabilidad en la temperatura y pH durante las pruebas, después de la instalación de la pantalla sombreadora, fue evidente. La temperatura del agua fluctuó entre una mínima de 28,1°C y una máxima de 28,7°C durante los 15 días del ciclo, y la máxima oscilación diaria fue de 0,3°C. En el mismo período de 15 días, el pH varió entre un mínimo de 7,85 y un máximo de 8,05, con una oscilación máxima diaria de 0,07. En el área no cubierta por la pantalla de sombreado en el primer ciclo de prueba, la temperatura del agua en los tanques fluctuó entre un mínimo de 28°C y un máximo de 29,9°C, con una fluctuación máxima diaria de 1,4°C. En cuanto al pH, en esa zona no cubierta por la pantalla, obtuvimos durante el ciclo un mínimo de 7,95 y un

máximo de 8,52, con una oscilación diaria de hasta 0,5.

Otro hallazgo importante fue en relación con el comportamiento cíclico del amoníaco. Antes de los cambios propuestos, después de tres días de cultivo, ya se había iniciado la gestión diaria de recambio de agua para poder contener el avance de la subida del amoníaco en el agua de los tanques, como se muestra en la **Figura 4**. Tras el inicio del ciclo con agua previamente madurada, colonizada por bacterias y con el cambio en el proceso de fertilización (hacia un proceso más simbiótico), el comportamiento del amoníaco fue totalmente diferente, con niveles muy bajos desde el principio hasta el final del ciclo de cultivo, como se muestra en la **Figura 5**. Además de la reducción de los niveles de amoníaco, hubo una reducción de más del 50 % en la necesidad de recambio de agua, completando niveles perdidos por la limpieza de fondo.



Figura 4. Prueba de amonio realizada en el agua de los precriaderos de tres (a) y 14 (b) días de cultivo, antes de la implementación de actualizaciones estructurales y de manejo sugerido.

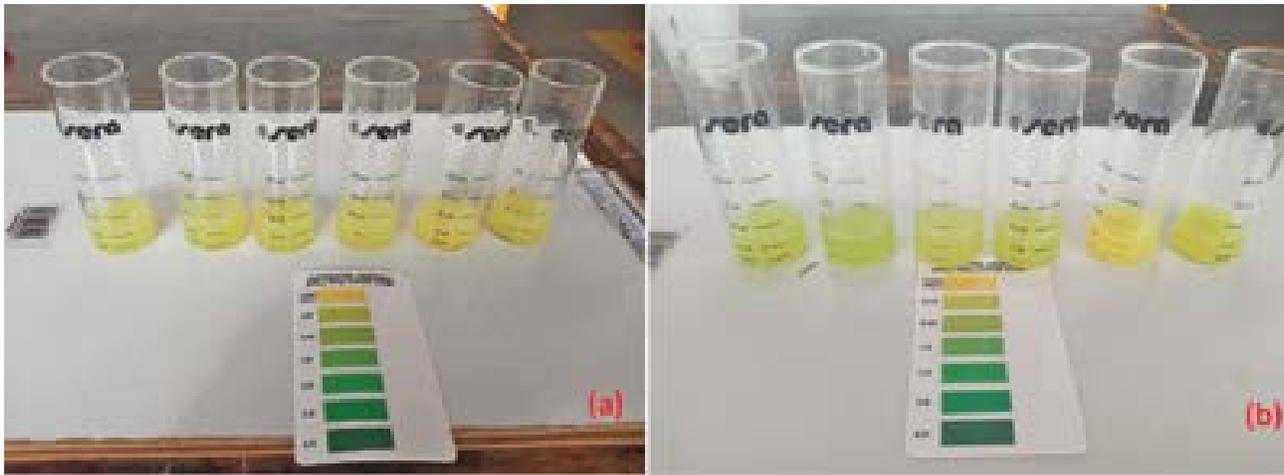


Figura 5. Prueba de amonio realizada en el agua de los precriaderos de tres (a) y 14 (b) días de cultivo, después la implementación de actualizaciones estructurales y de manejo sugerido.

En base a los resultados obtenidos, se evidencia la importancia de utilizar agua previamente madurada en cualquier sistema de producción intensiva. Incluso en viveros, donde los ciclos de cultivo son relativamente cortos, es posible reciclar compuestos nitrogenados cuando se utiliza una fuente de agua que está madura y colonizada con microorganismos beneficiosos. El logro de bajos niveles de amoníaco durante el segundo ciclo de pruebas fue

el resultado del eficiente proceso de nitrificación por las bacterias nitrificantes (descomposición del amoníaco en nitrito y luego del nitrito en nitrato) y no por los recambios constantes de agua o aportes excesivos de melaza. Esto se puede ver en los resultados de nitrato que se muestran en la **Figura 6**, altos y presentes desde el comienzo del segundo ciclo de prueba.



Figura 6. Prueba de nitrato realizada en el agua de los precriaderos de tres (a) y 14 (b) días de cultivo, después de la implementación de actualizaciones estructurales y gestión sugerida, demostrando el ciclo de amoníaco y nitrito.

Además de los resultados positivos ya expuestos, pudimos obtener una serie de otras ganancias: lotes de postlarvas más grandes y uniformes al final de los ciclos de prueba (en comparación con ciclos anteriores); mayor estabilidad de los parámetros hidrobiológicos en general; menos residuos generados, agua y fondos más limpios desde el inicio hasta el final del ciclo productivo; reducción del intervalo entre ciclos de cultivo y reducción de los insumos utilizados en la

preparación, al utilizar agua previamente madurada en el reservorio.

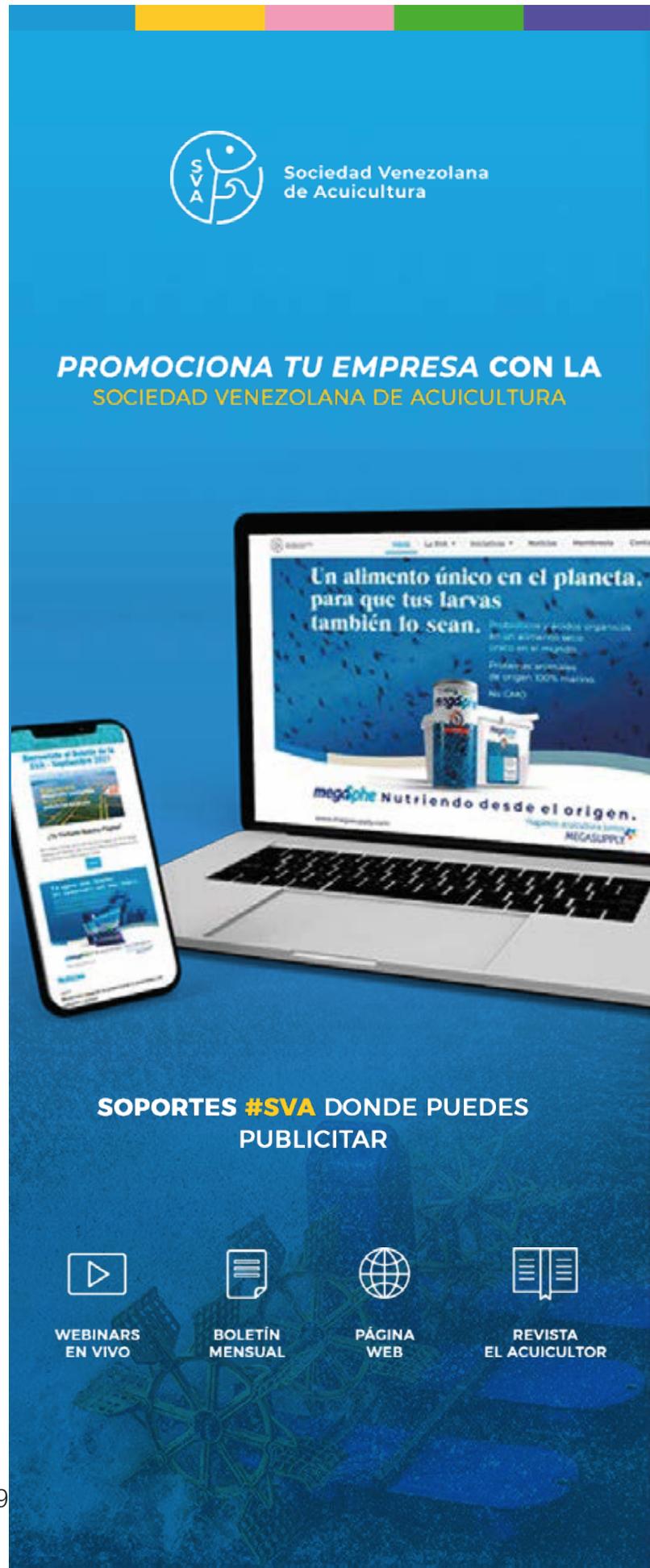
Por lo general, los procesos que ya están establecidos y que son relativamente eficientes son poco explorados, en el sentido de buscar mejoras. Las precrías intensivas en Brasil funcionan desde hace mucho tiempo, y esta tecnología es reconocida como positiva para el cultivo de camaró-

nes, con protocolos bien establecidos para cada etapa, pero que siempre se pueden mejorar.

En vista de todo lo expuesto anteriormente, es evidente y fundamental estar abiertos y atentos a la actualización de los sistemas productivos. En el cultivo de camarón la dinámica de cambio y mejora es constante. Salir de la zona de confort de los protocolos ya establecidos y buscar actualización de soluciones capaces de transformar procesos que ya lucen bien en uno aún más eficiente debe ser parte incesante del trabajo de los profesionales del área.

Artículo publicado originalmente en la revista Panorama da Aqüicultura, Volumen 31, Edición 189, de fecha 16 de noviembre de 2023. *Puede acceder a la versión original a través del siguiente enlace:*

<https://panoramadaaquicultura.com.br/bercarios-intensivos-na-carcinicultura/>



SVA Sociedad Venezolana de Acuicultura

PROMOCIONA TU EMPRESA CON LA
SOCIEDAD VENEZOLANA DE ACUICULTURA

SOPORTES #SVA DONDE PUEDES PUBLICITAR

- WEBINARS EN VIVO
- BOLETÍN MENSUAL
- PÁGINA WEB
- REVISTA EL ACUICULTOR

Prilabsa



POR MÁS DE 32 AÑOS
SOMOS CALIDAD,
CONFIANZA Y *garantía*



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

REVISIÓN DE ALTERNATIVAS AL USO DE ANTIBIÓTICOS EN ACUICULTURA

Introducción

La acuicultura es compleja y cubre una amplia gama de variables. Los sistemas acuícolas pueden variar en su entorno, es decir, agua dulce, salobre y de mar; pueden estar en la costa, ríos o ser de naturaleza terrestre; abarcar regiones tropicales a templadas e incluir algas, moluscos, crustáceos y peces. La acuicultura varía desde los centros productivos de alta tecnología, de especies de alto valor, hasta la acuicultura de subsistencia que requiere mucha mano de obra y baja tecnología en estanques de tierra. El rápido desarrollo, la intensificación y la globalización del sector han generado muchos desafíos, incluida la aparición y propagación de enfermedades, lo que ha resultado en la dependencia de los antimicrobianos para mejorar la producción acuícola.

Las enfermedades bacterianas comunes, por ejemplo, que ocurren en la acuicultura, se están volviendo cada día más difíciles de tratar debido a un aumento en la resistencia a los antimicrobianos (RAM). El uso indiscriminado de agentes antimicrobianos en la acuicultura da como resultado residuos en los productos acuícolas y efectos adversos asociados a la salud humana; además de un incremento de la resistencia a los antimicrobianos.

Alcance del problema

La propagación de enfermedades en la acuicultura puede deberse a una gestión inadecuada y a malas condiciones ambientales, por lo que los productores, en oportunidades, requieren de agentes antimicrobianos para el tratamiento y prevención de enfermedades infecciosas. Entre ellos, los antibióticos se utilizan comúnmente en la acuicultura como agentes terapéuticos, profilácticos o metaflácticos. Como resultado de este mayor uso, la sobrevivencia y el establecimiento de bacterias resistentes a esos antibióticos específicos ha aumentado.

Aproximadamente el 80% de los antimicrobianos utiliza-

dos en la acuicultura ingresan al medio ambiente con su actividad intacta. Los residuos de antibióticos pueden persistir en los sedimentos, en el agua o en los tejidos del hospedero, y se consideran un riesgo para la salud humana.

Se ha informado de resistencia a todos los grupos de antibióticos en la acuicultura a nivel mundial. A continuación se proporciona una breve descripción de estos grupos de antibióticos:

- **Tetraciclinas:** Las tetraciclinas se encuentran entre los fármacos bacteriostáticos más comunes utilizados en la acuicultura. La oxitetraciclina (OTC) y la clortetraciclina se han utilizado en la acuicultura debido a su actividad de amplio espectro, amplia disponibilidad y bajo costo. El uso excesivo de OTC en las granjas ha llevado a la resistencia de muchos patógenos bacterianos a los antibióticos de tetraciclina en general.

- **β -lactámicos:** los β -lactámicos son antibióticos con una amplia gama de actividades terapéuticas y efectos secundarios mínimos. Esta clase de antibióticos interfiere con la síntesis de un componente importante de las paredes celulares bacterianas, provocando la lisis de la célula. Los antibióticos β -lactámicos comunes utilizados en la acuicultura incluyen amoxicilina, cefalosporinas, penicilina, ampicilina, cefalexina, cefradina y cefotaxima.

- **Aminoglucósidos:** Los aminoglucósidos son antibióticos bactericidas de amplio espectro que inhiben la síntesis de proteínas de las bacterias. La neomicina, la gentamicina S, la kanamicina y la apramicina son los aminoglucósidos más utilizados en los países productores acuícolas.

- **Anfenicoles:** Los anfenicoles son una clase de antibióticos de amplio espectro que inhiben la síntesis de proteínas microbianas y produce efectos bacteriostáticos. El cloranfenicol y florfenicol son medicamentos ampliamente utilizados para tratar peces, particularmen-

te en los países en desarrollo.

• **Quinolonas y fluoroquinolonas:** Las quinolonas son antibióticos bactericidas de amplio espectro y las fluoroquinolonas son las quinolonas más comunes utilizadas en medicina veterinaria. Las quinolonas inhiben la actividad de las enzimas necesarias para la replicación del ADN en las bacterias, siendo más comunes el ácido oxolínico, la enrofloxacin, la ciprofloxacina, la norfloxacina, el ácido nalidixico, la ofloxacina, la levofloxacina, la enoxacina, la sarafloxacina y la flumequina. La flumequina es una fluoroquinolona sintética eficaz contra bacterias gramnegativas en la acuicultura.

• **Nitrofuranos:** Los nitrofuranos, como furazolidona, nitrofurantoína, nitrofurazona y furaltadona, son fármacos antibacterianos sintéticos de amplio espectro que interfieren con varias enzimas bacterianas.

• **Rifamicinas:** Las rifamicinas son antibióticos semisintéticos de amplio espectro que inhiben la actividad del ARN polimerasa dependiente de ADN en las bacterias.

Son particularmente eficaces contra la micobacteriosis.

• **Sulfonamidas potenciadas con diaminopirimidinas (p. ej., trimetoprima u ormetoprim):** las sulfonamidas son una clase de antibióticos bacteriostáticos sintéticos que interfieren con la síntesis de ácido fólico, purina y ADN en las bacterias. Sulfonamidas comúnmente utilizadas por productores acuícolas incluyen sulfadiazina, sulfametoxazol y sulfadimetoxina

Alternativas a los antibióticos

Con la expansión global e intensificación de la industria de la acuicultura en los últimos años, ha habido un aumento concomitante de brotes de enfermedades acuáticas, lo que desafía la sostenibilidad de la producción y para lo cual evaluamos alternativas a los antibióticos (Figura 1).

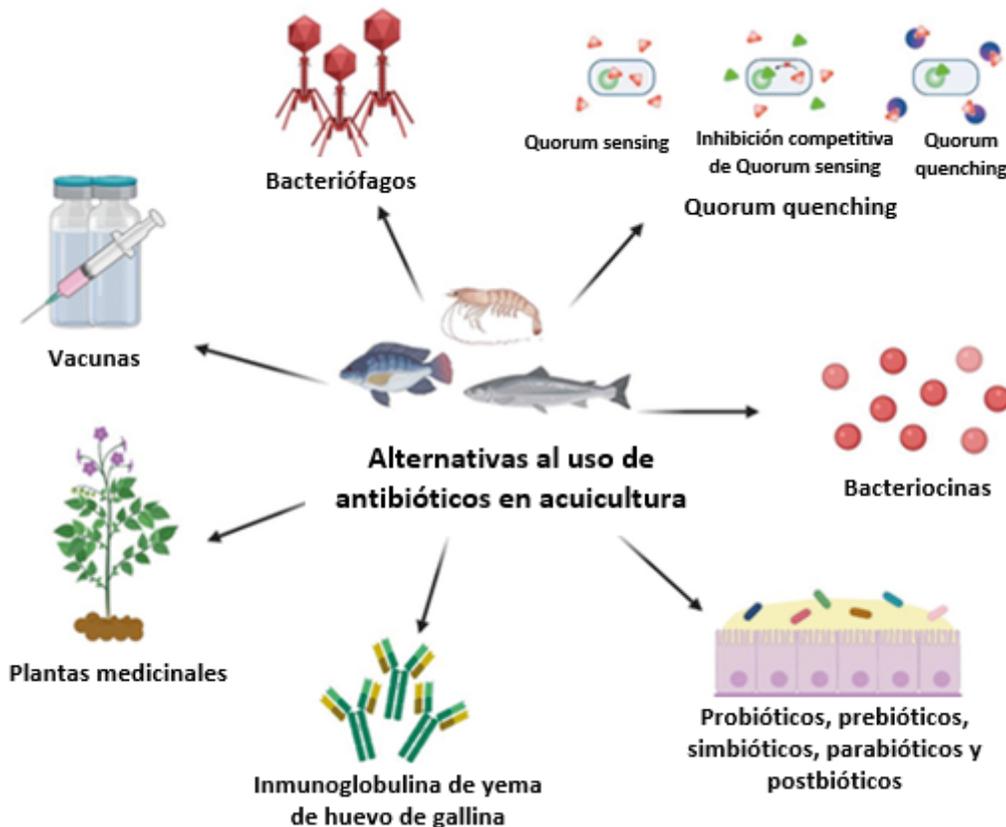


Figura 1. Enfoques alternativos para reducir el uso de antimicrobianos en la acuicultura, por ejemplo, vacunas, bacteriófagos, extinción del quórum, bacteriocinas, inmunoglobulinas de yema de huevo de gallina, plantas medicinales y microbiomas.

Vacunas

Las vacunas son preparaciones hechas de microorganismos patógenos, por ejemplo bacterias, virus, etc., y sus metabolitos, que se atenúan, inactivan o modifican genéticamente para prevenir enfermedades infecciosas. Se reconocen como herramientas críticas para la prevención y el control de enfermedades de los peces y se consideran una ruta esencial para la reducción del uso de antibióticos dentro de la industria acuícola.

La mayoría de las vacunas autorizadas han utilizado tradicionalmente microorganismos que han sido inactivados o eliminados mediante procesos físicos, químicos o de radiación y administrados mediante inmersión o inyección. Las vacunas inactivadas de células completas son más efectivas contra las bacterias extracelulares. Se puede lograr una respuesta de anticuerpos y una memoria celular más fuertes con el uso de vacunas vivas, administradas por vía oral o por inmersión, debido a su capacidad para proliferar o ingresar al hospedero, provocando inmunidad tanto innata como adaptativa.

El uso de vacunas inyectables polivalentes o multivalentes que contienen adyuvante y múltiples antígenos para proteger contra diferentes enfermedades se utilizan actualmente en operaciones acuícolas comerciales a gran escala, especialmente aquellas enfocadas a especies de alto valor como el salmón del Atlántico. Además, las vacunas autógenas, creadas a partir de patógenos de interés aislados y específicos de un lugar, ofrecen rentabilidad y más flexibilidad en la producción, velocidad de entrega e implementación ante un brote de enfermedad.

Bacteriófagos

Los bacteriófagos o fagos son virus bacterianos que invaden las células bacterianas y, en el caso de los fagos líticos, alteran el metabolismo bacteriano y provocan la lisis de la bacteria. Los fagos son a nivel mundial los microorganismos más abundantes, particularmente en ambientes marinos y de agua dulce.

La supervivencia de los fagos no se ve afectada por el pH, la salinidad, la temperatura o la concentración de materia orgánica, también pueden existir como profagos integrados en el ADN del hospedero o como replicones. La terapia con fagos se ha utilizado con éxito para controlar infecciones bacterianas en animales acuáticos, y la terapia con múltiples fagos ha demostrado ser más exitosa que la terapia con un solo fago.

Las terapias con fagos en la acuicultura representan una alternativa al tratamiento farmacológico tradicional y ya existen algunos productos comerciales basados en fagos, en particular, para atacar *Vibrio* spp.

Quorum quenching

El Quorum quenching (QQ) se relaciona con todos los procesos involucrados en la alteración del Quorum sensing (QS), que se refiere a la capacidad de las bacterias para monitorear su densidad de población y regular la expresión genética en consecuencia. Numerosas bacterias pueden utilizar señales QS para coordinar y sincronizar varios comportamientos en diferentes entornos, incluidas las interacciones microbio-microbio y hospedero-microbio. La extinción del quórum abarca fenómenos y mecanismos muy diversos, y los actores moleculares de QQ también son de naturaleza diversa, es decir, enzimas, compuestos químicos, escisión de señales QS, inhibición competitiva, etc. Todos los pasos principales de la vía QS, incluyendo la síntesis, difusión, acumulación y percepción de las señales QS, pueden verse afectados. Por lo tanto, la alteración del QS es un campo que se está desarrollando y utilizando para el biocontrol de enfermedades bacterianas en algunas áreas como la acuicultura.

Bacteriocinas

Las bacteriocinas son compuestos bioactivos producidos por bacterias, se han propuesto como una estrategia alternativa sostenible y prometedora al uso de antibióticos en la industria de la acuicultura. Son péptidos bactericidas de bajo peso molecular, sintetizados en ribosomas, codificados en elementos cromosómicos o extra cromosómicos, los cuales tienen propiedades antimicrobianas debido a su capacidad para inhibir o matar microorganismos tanto cercanos como distantes.

Probióticos, prebióticos, simbióticos, parabióticos y postbióticos

En los últimos años, algunas publicaciones han señalado la importancia de mantener un microbioma intestinal sano y estable en peces y mariscos para reducir los riesgos de aparición de enfermedades y esto es esencial para optimizar la digestión de nutrientes y minimizar el estrés en las condiciones de cría.

Los probióticos son la forma más común y comercialmente disponible que se utiliza para influir positivamente en los microbiomas. Son microorganismos vivos no patógenos que se administran para mejorar el equilibrio microbiano, particularmente en el tracto gastrointestinal. Están formados

por diversos microorganismos, en particular levaduras o bacterias, como las especies *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, y se administran como complementos dietéticos en los alimentos. Por lo general, promueven condiciones de salud al inhibir las bacterias dañinas. Los probióticos también pueden ser beneficiosos para los animales acuáticos al sintetizar y proporcionar nutrientes esenciales.

Otros probióticos, en particular los que pertenecen al género *Bacillus*, se utilizan para mejorar el entorno de cría, en particular mediante la asimilación de contaminantes orgánicos (amoníaco, nitritos, etc.), que de otro modo podrían acumularse e inducir estrés y toxicidad en los animales acuáticos de granja.

Los prebióticos son ingredientes alimentarios no viables, generalmente oligosacáridos, una familia de carbohidratos no digeribles para el hospedero, pero que sí lo son para poblaciones bacterianas específicas que residen en el intestino y, por lo tanto, actúan como sustratos selectivos para la fermentación bacteriana y promover únicamente las bacterias intestinales beneficiosas. La microflora del intestino se puede optimizar mediante la modulación de la dieta con prebióticos que estimulan el número y/o la actividad de bifidobacterias y lactobacilos, lo que puede aumentar la resistencia del hospedero a las bacterias patógenas y la estimulación de la respuesta inmune.

Los efectos beneficiosos de las bacterias probióticas pueden incrementarse mediante el uso de prebióticos y simbióticos, que son una combinación de probióticos y prebióticos. Sus efectos beneficiosos se deben a subproductos derivados de la fermentación de bacterias comensales intestinales que incluyen la modulación del sistema inmunológico y su capacidad para estimular la inmunidad sistémica y local a través de la acción de inmunosacáridos sobre el sistema inmunológico innato de peces y mariscos. Nueva evidencia reveló que los parabióticos (es decir, células muertas de probióticos, también llamados probióticos fantasma) y postbióticos (es decir, sobrenadantes de cultivos probióticos, que contienen factores solubles o subproductos metabólicos secretados por bacterias) también tienen un impacto importante en el microbioma y las enfermedades. Estos descubrimientos abren campos de investigación completamente nuevos para comprender mejor los factores que influyen en los microbiomas, brindando más oportunidades para encontrar alternativas creíbles a los antibióticos, controlar y estabilizar mejor los microbiomas y, por lo tanto, mejorar la salud de los organismos acuáticos.

Inmunoglobulina de yema de huevo de gallina

La inmunoglobulina de yema de huevo de gallina (IgY) es un anticuerpo útil para la inmunización pasiva debido al hecho de que se producen altos títulos de IgY específica del patógeno después de la inmunización de gallinas. La inmunoglobulina de yema de huevo de gallina se ha utilizado con éxito en humanos, ganado y animales acuáticos. Una de las principales características de la IgY es que, en comparación con la inmunoglobulina G (IgG), es más estable, menos costosa de producir, de alto rendimiento y exhibe cambios conformacionales mínimos, por lo que es más rentable para una amplia gama de propósitos. Se ha descubierto que la inmunoglobulina de yema de huevo de gallina tiene un valor terapéutico eficaz para controlar diversos patógenos bacterianos y virales en peces y otros animales acuáticos.

Plantas medicinales

Las plantas medicinales y sus derivados también han recibido considerable atención como alternativas a los antibióticos. Existe un interés considerable en su aplicación debido a su facilidad de preparación, bajo costo, menor riesgo de efectos secundarios e impactos ambientales.

Las plantas medicinales pueden incluir hierbas, especias, algas marinas, compuestos extraídos de hierbas, medicinas tradicionales y productos comerciales derivados de plantas que contienen sustancias antimicrobianas que pueden combatir una amplia gama de bacterias responsables de las enfermedades de los animales acuáticos. Además, muchos productos derivados de plantas también son eficaces para estimular tanto la respuesta inmune innata o específica como la respuesta inmune no específica en animales acuáticos con el objetivo de aumentar la resistencia a los patógenos en el hospedero.

Discusión

Varios factores pueden determinar las mejores alternativas a los antibióticos que se utilizarán dentro de un sistema de acuicultura. Es bien sabido que las estrategias de vacunación son una parte integral de los programas de gestión de la salud de los peces. Sin embargo, si bien los avances en el desarrollo de vacunas han sido prometedores, la implementación real ha sido limitada debido a los desafíos prácticos y logísticos de la vacunación masiva en un entorno comercial.

Existen desafíos en la implementación del uso de vacunas disponibles comercialmente contra enfermedades comu-

nes debido a las variaciones en los procesos de registro de vacunas dentro de los diferentes países. El uso de vacunas autógenas "rápidas" podría proporcionar una solución, al igual que la tendencia hacia el uso de vacunas de inmersión eficaces y económicas, que pueden facilitar la vacunación masiva en el campo para especies de bajo valor.

Las vías de administración existentes de la vacuna incluyen inmersión, parenteral, es decir, intraperitoneal (ip) y oral. Las vacunas de inmersión, en las que los antígenos son absorbidos por la piel, las branquias o el intestino, son adecuadas para la vacunación masiva de peces que son demasiado pequeños para la vacuna parenteral. La vía oral, menos estresante que la administración parenteral, ofrece potencialmente el mejor enfoque para la inmunización de peces debido a su facilidad de administración y puede usarse tanto con peces pequeños como con peces de mayor tamaño. Sin embargo, actualmente hay pocas vacunas orales comerciales disponibles debido principalmente a la falta de eficacia y también a los desafíos logísticos y de costos relacionados con la producción de las grandes cantidades requeridas de antígeno.

La encapsulación o la incorporación de material en cápsulas pequeñas es un enfoque interesante para la administración de antígenos por vía oral. Más recientemente ha habido cierto interés en el uso de plantas como sistemas de producción de antígenos, es decir, el uso de microalgas, plantas enteras o células/tejidos vegetales cultivados in vitro, debido a ventajas como la facilidad de ampliación, costos de producción reducidos y buenos márgenes de seguridad.

Las vacunas comerciales sólo están disponibles para infecciones bacterianas o virales y aún existe el desafío de desarrollar vacunas contra parásitos. Para poder progresar es

vital una mayor comprensión de la interacción hospedero-parásito y de la biología y el ciclo de vida del parásito, así como de la inmunobiología de los parásitos patógenos.

La terapia con fagos no daña la microbiota intestinal ni las comunidades microbianas circundantes y puede utilizarse de forma segura en entornos microbianos, como estanques de tierra, así como en operaciones de acuicultura más desarrolladas. La terapia con fagos y los probióticos utilizan organismos vivos, susceptibles a mutaciones y deriva genética, lo que hace que ambas terapias sean menos efectivas a menos que se identifiquen nuevas combinaciones de fagos/bacterias o bacterias probióticas.

Los probióticos y prebióticos desempeñan un papel importante a la hora de proporcionar resistencia a las enfermedades al conferir beneficios inmunológicos, mejorar la integridad de la barrera epitelial y proporcionar microbios beneficiosos en el intestino del hospedero y el entorno circundante, ofreciendo así una alternativa al uso de antibióticos. Sin embargo, existe una falta de conocimiento sobre los mecanismos exactos de acción y se requiere más información sobre la interacción hospedero/microbio in vivo.

Además de mejorar las medidas de bioseguridad y la calidad del agua en las granjas, los modelos matemáticos y estadísticos pueden proporcionar orientación para reducir la probabilidad de resistencia a los antibióticos cuando otras soluciones no son posibles. Las buenas prácticas de los procesos productivos pueden minimizar los brotes bacterianos en la acuicultura.

De las diversas alternativas a los antimicrobianos, presentadas anteriormente, la vacunación (**Figura 2**) se destaca por presentar una alta probabilidad de ser una solución proactiva para la prevención de enfermedades en los peces.

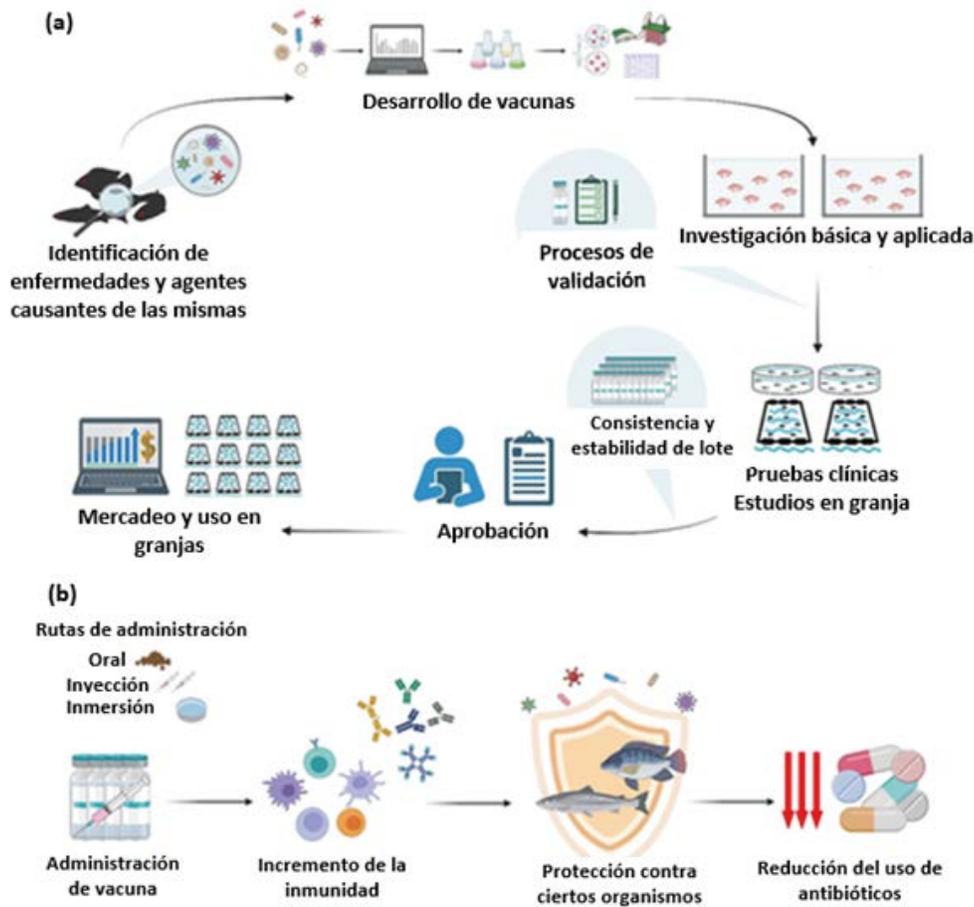


Figura 2. La vacunación es una herramienta clave para garantizar la producción acuícola sostenible. (a) Etapas de desarrollo de la vacuna, desde la identificación de la enfermedad y el agente causal hasta la investigación, la validación del proceso de producción, los ensayos clínicos y los estudios a nivel de granja, hasta la aprobación regulatoria, la comercialización y la aplicación. (b) La vacuna brinda protección contra los organismos objetivo mediante el aumento de la inmunidad innata y adaptativa, lo que lleva a una reducción en el uso de antibióticos.

Lecciones de la vacunación del salmón de piscifactoría en Noruega

La industria del salmón noruega, en diferentes oportunidades, se ha visto gravemente afectada por infecciones bacterianas en sus poblaciones de cultivo. Estos problemas obligaron a desarrollar un programa nacional de bioseguridad en cooperación con autoridades nacionales, industria e instituciones de investigación.

Un factor importante en este programa de bioseguridad fue el desarrollo y respaldo de vacunas eficientes. La introducción de vacunas eficaces contra la forunculosis y las infecciones por *Vibrio*, especialmente la vibriosis, redujo drásticamente el uso de antibióticos en las granjas.

En Noruega, toda la producción de juveniles de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) se vacuna rutinariamente contra

uno o más agentes patógenos antes de su transferencia al mar, de acuerdo con las diversas necesidades de las empresas productoras. La vacunación se realiza sistemáticamente mediante inyección de acuerdo con estrictos protocolos de vacunación y calidad. Estas medidas han sido determinantes para reducir significativamente la aparición de enfermedades y el uso de antibióticos.

La importancia de las semillas SPF

Organismos libres de patógenos específicos (SPF) se refiere a animales provenientes de una población que (1) han dado negativo para patógenos específicos durante al menos dos años consecutivos; (2) han sido criados en instalaciones con estrictas medidas de bioseguridad; (3) han sido alimentado con alimentos bioseguros; y (4) cuentan con un programa de vigilancia, que incluye pruebas con métodos molecu-

lares e histopatológicos. La reducción del impacto de las enfermedades debe comenzar en el origen de la línea de producción, con el uso de semillas o alevines libres de patógenos. El uso de reproductores sanos es esencial para producir semillas limpias y evitar la propagación de enfermedades, ya que la desinfección de los huevos no siempre es posible y los patógenos transmitidos verticalmente pueden propagarse a los alevines si se utilizan reproductores infectados.

El SPF ha demostrado ser fundamental para la selección y expresión de ganancias genéticas y estudios de laboratorio, como desafíos de enfermedades y otros estudios nutricionales y bioquímicos. En el contexto de la acuicultura, el estatus SPF es parte de una estrategia de bioseguridad para prevenir la introducción de animales infectados en el sistema de producción. Debe entenderse que el SPF sólo se refiere al estado de salud de las poblaciones, no a su grado de tolerancia o resistencia a una enfermedad en particular.

Uno de los argumentos en contra del desarrollo y uso de reproductores SPF es los altos costos de inversión y mantenimiento que implica. Es una inversión que requiere un alto nivel técnico de personal, conocimientos, instalaciones, etc., pero debe considerarse un desembolso financiero relativamente pequeño en comparación con el costo muy significativo y generalizado de los impactos de las enfermedades.

El uso de reservas de SPF no solo reduce el impacto de las enfermedades, sino que al mismo tiempo reduce el uso de antimicrobianos; A medida que se crían y crían animales más sanos, el productor se enfrenta a menos enfermedades.

Conclusión

Las alternativas a los antibióticos, analizadas en este artículo, tienen un gran potencial; algunos tienen beneficios comprobados, mientras que otros aún se encuentran en la etapa experimental. No obstante, deben considerarse cuidadosamente en función de factores relacionados con las necesidades del país, del sistema en uso, de las especies en producción, patógeno objetivo, costo-beneficio, riesgos y la percepción pública.

Hacer frente a enfermedades en poblaciones acuáticas cultivadas requiere una buena comprensión del medio ambiente, hospedero, patógeno y sus interacciones, para poder implementar estrategias de prevención que puedan reducir la necesidad del uso de antimicrobianos, especial-

mente antibióticos. Gestionar y optimizar los diferentes parámetros físico químicos del medio acuático, al igual que monitorear la entrada de patógenos potenciales mediante medidas de bioseguridad, es vital para prevenir el riesgo de infección en cualquier centro productivo.

Optimizar la capacidad del hospedero para resistir enfermedades es fundamental, y en lo particular, los programas de vacunación son herramientas útiles para la prevención y el control de la infección. El uso de inmunoestimulantes para mejorar la inmunidad innata, como prebióticos y probióticos, terapia con fagos a través de alimentos, inmunoglobulina de yema de huevo de gallina (IgY), plantas medicinales, y otras alternativas a los antibióticos, analizadas en esta revisión, están demostrando ser enfoques útiles.

Las buenas prácticas, incluido el uso prudente y responsable de antibióticos y el uso de alternativas a los antibióticos, sustentan las acciones básicas que pueden reducir la probabilidad de RAM. Contar con un plan de bioseguridad, puede reducir la introducción y propagación de agentes infecciosos en centros de producción. Otra estrategia incluye evitar la entrada de patógenos mediante el uso de semilla SPF.

Para concluir, deberían preverse mayores recursos para la investigación en el sector de la acuicultura, centrados en la salud de los organismos acuáticos, con énfasis en la prevención de enfermedades. Además, para promover un mejor control del uso de antibióticos, se deben regular sus ventas y gestionar su uso bajo la supervisión de profesionales/personal capacitado en salud acuática para eliminar o mitigar sus impactos en el medio ambiente y en la seguridad alimentaria.

Esta es una versión resumida, elaborada por el cuerpo editorial de "El Acuicultor", del artículo original "Review of alternatives to antibiotic use in aquaculture" escrito por Melba G. Bondad-Reantaso, Brett MacKinnon, Iddyia Karunasagar, Sophie Fridman, Victoria Alday-Sanz, Edgar Brun, Marc Le Groumellec, Aihua Li, Win Surachetpong, Indrani Karunasagar, Bin Hao, Andrea Dall'Occo, Ruggero Urbani y Andrea Caputo. Publicado originalmente en *Reviews in Aquaculture*. 2023. Vol. 15(4): 1421-1451.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12786>

ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN MOLECULAR ENTRE LAS TOXINAS PIR A Y PIR B DE *VIBRIO PARAHAEMOLYTICUS*, CAUSANTES DE LA NECROSIS HEPATOPANCREÁTICA AGUDA (AHPND) Y POTENCIALES LIGANDOS INHIBIDORES: UNA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Edison Pascal*, Edgar Portillo y Lenin González-Paz

Centro de Biomedicina Molecular, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) (*) ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-5108-1889> ; E-mail: edisonpascal@gmail.com

Resumen

La patología de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND) es una enfermedad emergente del camarón causada por la bacteria *Vibrio parahaemolyticus*, que produce una toxina binaria que altera la función celular en el hepatopáncreas de los crustáceos. La enfermedad ha causado una reducción significativa en la producción de camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei* a nivel global, con pérdidas económicas estimadas en hasta mil millones de dólares anuales. El objetivo de esta investigación es diseñar un estudio que analice la interacción molecular entre las toxinas Pir A y Pir B de *V.*

parahaemolyticus y algunos posibles ligandos inhibidores, con el fin de comprender mejor la dinámica de esta interacción y explorar posibles estrategias para neutralizar estas toxinas. El acoplamiento molecular es un método computacional que predice la conformación preferida de una molécula y su ligando, y es fundamental en el diseño racional de fármacos y en la comprensión de cómo los fármacos interactúan con sus objetivos biológicos. La biofísica computacional, incluyendo la Biología Estructural Computacional (CSB), desempeña un papel crucial en el estudio de la estructura y función de las proteínas y en la predicción de sus interacciones con ligandos. Los ligandos son moléculas que se unen a receptores en las células diana, y la investigación propo-

ne un estudio de acoplamiento molecular de las toxinas Pir A y Pir B de *V. parahaemolyticus* con posibles ligandos inhibidores, con el objetivo de identificar nuevos tratamientos alternativos para el manejo de la AHPND.

Palabras clave: AHPND, Toxinas, acoplamiento molecular, hepatopáncreas, ligandos

Introducción

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es un crustáceo decápodo ampliamente cultivado en la acuicultura. La salud de estos animales es crucial en el cultivo, ya que la falta de evaluaciones clínicas periódicas y la carencia de personal capacitado (biólogos, médicos veterinarios, ingenieros en pesca o agrónomos, entre otros) pueden facilitar la propagación de enfermedades entre los estanques o lagos de cultivo, lo que puede tener graves consecuencias para la producción y el bienestar de los animales (Pascal, *et al.*, 2023).

La acuicultura del camarón se ha visto gravemente afectada por la frecuente aparición de enfermedades infecciosas, lo que ha ocasionado importantes pérdidas tanto en términos de producción como económicos. Los virus y las bacterias son los principales agentes patógenos que afectan a los camarones, y factores como el entorno y las condiciones de cultivo propician su rápida propagación y ataque. Estos agentes pueden localizarse en diversas partes del camarón, así como en el agua, el alimento y los sedimentos de los estanques de cultivo (Valera, Peña y Aranguren, 2018).

A pesar del crecimiento sostenido de la producción camaronera en Latinoamérica, en la última década ha habido un aumento significativo en la prevalencia de enfermedades de origen viral y bacteriano en los organismos de cultivo. Se ha señalado que las fluctuaciones en los parámetros físico-químicos del agua de los estanques son uno de los factores asociados a este fenómeno (Valera y Peña, 2015).

La enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), anteriormente conocida como síndrome de mortalidad temprana (EMS), es una enfermedad emergente del camarón que ha causado una reducción significativa en la producción de camarón blanco del pacífico *L. vannamei* a nivel global, con pérdidas económicas estimadas en hasta mil millones de dólares anuales. La bacteria *Vibrio parahaemolyticus* es la causante de esta enfermedad, ya

que produce una toxina binaria (Pir A y Pir B) que altera la función celular en el hepatopáncreas de los crustáceos.

Los esfuerzos para controlar la AHPND han sido obstaculizados por la falta de un método de detección rápido y específico, así como por el poco conocimiento sobre ligandos que puedan neutralizar esta toxina binaria. La adquisición reciente de un plásmido llamado pVA1, que codifica para la toxina binaria Pir A y Pir B, ha sido identificada como la causa principal de la patología ligada al AHPND en camarones blancos de cultivo (*L. vannamei*). La ingesta de camarones infectados con *Vibrio parahaemolyticus* puede tener consecuencias negativas para la salud humana debido a las toxinas TDH y TRH. Sin embargo, los mecanismos subyacentes del aumento de la cantidad de especies de *Vibrio* que causan AHPND no están completamente comprendidos. Todas las bacterias causantes de AHPND poseen un plásmido altamente homólogo (pVA1) que contiene genes de la toxina de pirAB. La patología del AHPND se caracteriza por mortalidades repentinas y masivas en larvas o juveniles de 30 a 35 días de cultivo (Morales, *et al.*, 2022).

Vibrio parahaemolyticus es una bacteria halófila Gram negativa que forma parte de la microbiota normal en estuarios, aguas marinas y algunos organismos que habitan en ellas. El número de *V. parahaemolyticus* en el agua de mar estaría asociado, al igual que el *Vibrio cholerae*, a la concentración de zooplancton, especialmente de copépodos, y a la temperatura. Esto indica que las concentraciones de *V. parahaemolyticus* en el agua de mar pueden variar con factores que afecten al zooplancton, como la temperatura, la luminosidad, las corrientes marinas, la concentración de nutrientes y la concentración del fitoplancton, entre otros (Hernández, *et al.*, 2005).

Una de las alternativas para el manejo de esta bacteria es el uso de antibióticos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estas sustancias ha generado cepas resistentes, lo que ha causado importantes pérdidas económicas y efectos nocivos al ambiente. Por lo tanto, el uso de antibióticos está siendo prohibido en muchos países. Además, se ha encontrado que algunas cepas de *V. parahaemolyticus* asociadas a AHPND cuentan con resistencia a la tetraciclina, el antibacteriano más utilizado en la acuicultura, debido a la presencia del plásmido pVA1 (Trujillo, 2016).

En este contexto, el objetivo de esta investigación es diseñar un estudio que analice la interacción molecular entre las toxinas Pir A y Pir B (AHPND) de *V. parahaemolyticus* y

algunos posibles ligandos inhibidores, con el fin de comprender mejor la dinámica de esta interacción y explorar posibles estrategias para neutralizar estas toxinas.

Desarrollo de una Propuesta de Interacción Molecular: Acoplamiento de las Toxinas Pir A y Pir B de *Vibrio parahaemolyticus* con Ligandos Inhibidores

Estructura y Características Moleculares de las Toxinas Pir A y Pir B de *Vibrio parahaemolyticus*

Las toxinas Pir A y Pir B son secretadas por la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* y se encuentran codificadas en el plásmido de virulencia pVA1. Estas toxinas se unen a los receptores de las células epiteliales del hepatopáncreas de los camarones, provocando daño celular, necrosis y disfunción de este órgano. La enfermedad se desarrolla rápidamente, pudiendo causar una tasa de mortalidad del 70-100% en los camarones *Litopenaeus vannamei*, lo que resulta en grandes pérdidas económicas para la industria acuícola. Se ha descubierto que la subunidad Pir B de *V. parahaemolyticus* tiene actividad similar a la de una lectina, la cual reconoce estructuras tipo mucina O-glicosiladas en el hepatopáncreas de los camarones. Las condiciones de estrés, alta densidad de cultivo y temperaturas elevadas pueden aumentar la susceptibilidad de los camarones a esta enfermedad.

Debido a la importancia de esta patología, se han realizado múltiples esfuerzos para comprender mejor los mecanismos de infección del patógeno y poder prevenir la enfermedad, bloqueando las interacciones toxina-receptor mediante el uso de antagonistas miméticos (Pascal *et al.*, 2023).

Las toxinas Pir A y Pir B son sintetizadas como una toxina binaria, donde Pir A tiene un peso molecular de 14.0 kDa y Pir B de 50.0 kDa (Lee *et al.*, 2015). Esta toxina binaria PirAB está codificada en el plásmido pVA1 de *Vibrio parahaemolyticus*. Los genes que codifican para las subunidades Pir A y Pir B son homólogos a las toxinas producidas por la bacteria *Photobacterium luminescens*, la cual vive de manera simbiótica con nematodos entomo-

patógenos y posee propiedades insecticidas. Esta similitud genética sugiere que la toxina PirAB de *Vibrio parahaemolyticus* podría tener un mecanismo de acción y efectos biológicos similares a las toxinas de *Photobacterium*.

Análisis de Interacciones Moleculares: Uso de Herramientas Químicas, Biofísicas y Computacionales para el Acoplamiento Molecular de las Toxinas Pir A y Pir B con Ligandos Inhibidores Potenciales

El acoplamiento molecular es un método computacional que predice la conformación preferida de una molécula, generalmente una proteína, y su ligando, como un fármaco, para estimar su afinidad y actividad. Este método es fundamental en el diseño racional de fármacos y en la comprensión de cómo los fármacos interactúan con sus objetivos biológicos.

La biofísica computacional, incluyendo la Biología Estructural Computacional (CSB), desempeña un papel crucial en el estudio de la estructura y función de las proteínas y en la predicción de sus interacciones con ligandos. La CSB ha sido ampliamente utilizada para analizar la estructura y función de moléculas biológicas y ha sido esencial para mejorar nuestra comprensión de cómo estas moléculas interactúan entre sí, lo que ha llevado a avances significativos en el diseño de fármacos y en la comprensión de enfermedades (González *et al.*, 2010; Parra, 2021).

Desde esta propuesta, realizada por el Centro de Biomedicina Molecular (IVIC), se ejecutará un análisis comparativo utilizando cinco modelos de acoplamiento molecular populares para predecir de manera rigurosa la energía libre estándar (ΔG) de unión de los complejos ligando-proteína. Los complejos serán construidos utilizando los programas MTiAutoDock (Labbé y col, 2015), webina (Kochnev y col, 2020), DINC 2.0 (Morris y col, 2009), COACH-D (Wu y col, 2018) y DockThor (Santos y col, 2020). Para aumentar la precisión, se realizarán un mínimo

de 10 ejecuciones por programa, lo que involucrará aproximadamente 106 evaluaciones por ejecución. El resto de los parámetros serán considerados por defecto.

Además, para validar los resultados del acoplamiento, se utilizará el servidor PoseRank (Fan y col, 2011) para puntuar los complejos proteína-ligando. Previo al análisis, se eliminarán todas las moléculas de agua y los archivos PDB se separarán en dos archivos diferentes, uno que contendrá la proteína y el otro la estructura del ligando. En el muestreo final, solo serán consideradas las tres corridas probabilísticamente más factibles y termodinámicamente más favorables en los complejos.

Es importante mencionar que, uno de los servidores de acoplamiento molecular más utilizados es DockThor, el cual facilita la preparación de proteínas y ligandos, incluyendo ajustes en los estados de protonación de los residuos de aminoácidos y la incorporación de cofactores. Los resultados de los experimentos de acoplamiento se organizan y clasifican de manera automática. Este programa utiliza las instalaciones computacionales proporcionadas por el Grupo de Modelagem Molecular en Sistemas. Es transcendental destacar que, DockThor solo admite una pestaña a la vez y receptores de proteínas con extensiones de archivo .pdb o .in. Esta herramienta es útil para el cribado virtual de compuestos con potencial actividad biológica, como en la búsqueda de posibles tratamientos para el virus SARS-CoV-2 (Moreira *et al.*, 2020; Equisoain, 2021).

Identificación de Ligandos Inhibidores Potenciales de la Toxina PirAB

Los ligandos son moléculas que se unen a receptores en las células diana, estos receptores pueden estar en la superficie celular o dentro de la célula. Los receptores intracelulares se encuentran en el citoplasma o en el núcleo de la célula y suelen interactuar con ligandos pequeños e hidrofóbicos. Por ejemplo, las hormonas esteroides, como el estradiol y la testosterona, se unen a receptores intracelulares, lo que provoca cambios en la actividad génica al alterar la transcripción de ciertos genes en el ADN celular (Trujillo y Pinzón, 2008).

Los receptores de superficie celular están en la membrana plasmática y pueden reconocer una variedad de ligandos, como proteínas, moléculas hidrofóbicas y

moléculas gaseosas pequeñas. Los receptores de superficie celular desencadenan respuestas celulares al unirse a ligandos específicos. Por ejemplo, los receptores tirosina quinasa y los receptores acoplados a proteína G son ejemplos comunes de receptores de superficie. Aunque no hay ligandos específicos conocidos para la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND), entender cómo los ligandos y los receptores interactúan en la señalización celular puede ayudarnos a comprender mejor las respuestas celulares en diversas enfermedades (Mata y col., 2010).

Las interacciones entre ligandos y receptores son fundamentales para comprender cómo las moléculas interactúan en el contexto de la unión entre un ligando y un receptor. Estas interacciones determinan la estabilidad y la especificidad del complejo formado. Por ejemplo, enlaces de hidrógeno se forman entre átomos de hidrógeno y átomos electronegativos, como oxígeno o nitrógeno, como cuando un átomo de hidrógeno en un grupo amino interactúa con un oxígeno en un grupo carbonilo. Además, los ligandos también forman interacciones iónicas, que ocurren entre iones cargados opuestamente, como la interacción de un catión de calcio con un anión fosfato en una proteína. Estas interacciones son esenciales para comprender cómo los ligandos y receptores se unen y cómo esto afecta la función biológica de las moléculas involucradas.

Para comprender las interacciones que determinan la afinidad y la especificidad de la unión entre el ligando y el receptor, es fundamental entender diferentes mecanismos esenciales involucrados en el diseño de fármacos y la predicción de la actividad biológica. Estos mecanismos incluyen interacciones iónicas, fuerzas de van der Waals, interacciones hidrofóbicas, enlaces covalentes (raros), interacciones π - π , puentes de sal e interacciones dipolo-dipolo (Osuna y col., 2016). Estos mecanismos son fundamentales para comprender cómo los ligandos y receptores se unen y cómo esto afecta la función biológica de las moléculas involucradas.

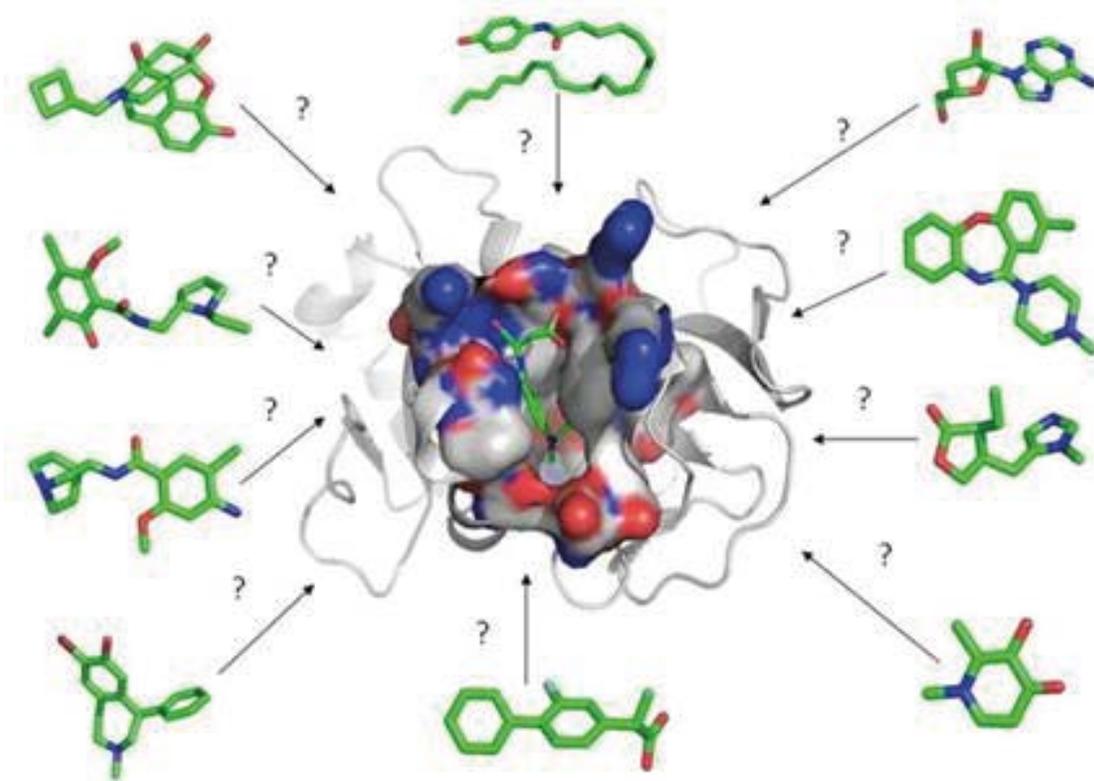


Figura 1. Representación de diferentes ligandos dispuestos alrededor del sitio activo de un blanco proteico. Los ligandos serán evaluados por acoplamiento molecular y seleccionados virtualmente de acuerdo a un algoritmo de muestreo y de puntaje (Extraído de Beckham, 2014).

Tomando en cuenta la información previamente presentada, se realizará una exploración exhaustiva en busca de compuestos que puedan tener un potencial efecto inhibidor sobre el complejo de la toxina PirAB. Esta búsqueda se enfocará en identificar moléculas que puedan interactuar y neutralizar la actividad de esta toxina binaria, con el objetivo de encontrar posibles alternativas terapéuticas o preventivas para la enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) causada por *Vibrio parahaemolyticus*.

Neutralización de Pir A y Pir B de *Vibrio parahaemolyticus*

- Vitamina C
- N-acetilcisteína
- Ácido gamma-linoléico

Compuestos Fenólicos

- Quinonas
- Taninos
- Cumarinas

Oleorresinas provenientes de Capsicum

- Oleorresinas
- Capsaicinoides

Contra *Vibrio parahaemolyticus*

- Ácido Tánico
- Camptotectina
- Quercetina (Flavonoide)
- Epigallocatequina-3-galato (EGCG)
- Ácido Gálico (Fenol)

Existen pocas referencias en cuanto al uso de diversos compuestos naturales que puedan interactuar sobre las toxinas PirAB de *V. parahaemolyticus*, sin embargo, se ha descrito el uso de algunas sustancias, como los compuestos fenólicos. Estos compuestos podrían ser útiles para desarrollar tratamientos contra la infección causada por esta bacteria (Osuna *et al.*, 2016).

Posibles resultados

La enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) causada por *Vibrio parahaemolyticus* ha tenido un impacto devastador en la producción mundial de camarón blanco, con pérdidas económicas muy significativas. La falta de alternativas en la sanidad animal ante esta enfermedad es evidente, ya que actualmente solo se dispone de antibióticos y fagoterapia para su control. Sin embargo, se espera que un número significativo de los ligandos propuestos ejerzan actividad inhibitoria sobre el complejo PirAB mediante Docking Molecular, lo que podría plantear nuevos tratamientos alternativos para el manejo de esta patología acuática.

Además, la investigación propone un estudio de acoplamiento molecular de las toxinas Pir A y Pir B de *V. parahaemolyticus* con posibles ligandos inhibidores, con el objetivo de identificar nuevos tratamientos alter-

nativos para el manejo de la AHPND. Este enfoque busca comprender mejor cómo las toxinas Pir A y Pir B interactúan con los receptores celulares y cómo los ligandos inhibidores pueden neutralizar su actividad. Al mismo tiempo, se busca desarrollar métodos más efectivos y seguros para detectar y controlar la enfermedad, lo que podría tener un impacto significativo en la acuicultura y la sanidad animal.

Propuesta de investigación presentada en: Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura (FIRMA, 2023). Universidad Las Palmas de Gran Canaria, España.

<https://firmaonline.org/>

Referencias bibliográficas

Disponibles a través del autor o directamente con la SVA.

zeigler
nutrition through innovation

¡La Combinación Definitiva!
Mejor desempeño y calidad de agua superior

Larva
Z Plus + Z Pro

Guía de alimentación recomendada (solo camarones)

Etapa Larval	Z1	Z2	Z3	M1	M2	M3	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8	PL9	PL10	PL11	PL12
Z Plus 1	←50																	
Z Plus 2	←100																	
Z Pro 150							150											
Z Pro 250										250								
Z Pro 350													350 →					



SOMOS PRODUCTORES DE

CAMARÓN BLANCO



GRUPO LAMAR

Somos un grupo venezolano dedicado a la explotación de la industria del camarón, conformado por la finca de cultivo INMARLACA, el centro de producción de postlarvas Laboratorio Marino (LAMARSA), la procesadora de alimento Balanceados Lamar (Balamar) y la planta procesadora Atlántico



LO QUE OFRECEMOS

Buscamos satisfacer las necesidades de nuestros clientes ofreciendo una trazabilidad completa de nuestro producto, contando con la experiencia, conocimiento del mercado y capacidad para adaptarse a las exigencias del mismo; manteniéndonos a la vanguardia de tecnologías avanzadas que optimicen nuestros procesos.

Nuestro compromiso es criar, alimentar, procesar y comercializar en el exterior con la más alta calidad requerida por nuestros clientes a nivel mundial.

CERTIFICACIONES

Nuestra dedicación a prácticas de manejo y recolección sostenibles es insuperable.

Esto se ejemplifica en nuestro programa de operaciones al lograr:

BAP 4 estrellas (Mejores Prácticas de Acuicultura)

ASC (Aquaculture Stewardship Council)

Para la planta de procesamiento HACCP e IFS Food 7



- ★ Processor
- ★ Farm
- ★ Hatchery
- ★ Feed

CERT # P23345

bapcertification.org

LOS SISTEMAS DE RACEWAYS

SECCIÓN 1.

SISTEMAS DE RACEWAYS EN ESTANQUES

Jesse Chappell, Skip Kemp, David Cline, Esau Arana, Terry Hanson, Lukas Manomaitis y Zhou EnHua

Consejo de exportación de soja de EE. UU. (USSEC)

Este manual explica el Sistema Raceway en Estanque (IPRS), su desarrollo y cómo gestionarlo mientras se crían los peces. Los destinatarios son aquellas personas que actualmente operan IPRS, para dar una mayor comprensión de los conceptos, principios, detalles y áreas problemáticas; y al recién llegado a la tecnología del IPRS. Ambos se beneficiarán de este detallado manual. El manual anterior se ha actualizado por el gran crecimiento del uso de IPRS, especialmente en China, el sudeste asiático y, ahora, en otras regiones del mundo, y los conocimientos que se han adquirido en la construcción de IPRS ya terminados y los resultados de producción de numerosos ciclos de cría de peces. Este conocimiento acumulado nos ha permitido elaborar un manual repleto de conocimientos sobre la gestión adecuada, así como la construcción, mantenimiento, producción, economía y muchos otros temas que los usuarios actuales y futuros del IPRS considerarán invaluable.

Sección 1: Sistemas de Raceways en Estanques

SECCIÓN 1.1: Introducción a los Sistemas de Raceway en Estanques (IPRS)

Los Sistemas de Raceway en Estanques son un enfoque avanzado de la acuicultura en estanque que combina las ventajas de gestión del confinamiento de los peces en una pequeña parte del estanque con la capacidad de

producción de un sistema de agua corriente. El IPRS crea un "río en el estanque" que fluye y permite que el agua se mezcle y se mueva como lo haría en un sistema fluvial. Este flujo de agua aumenta considerablemente el potencial de producción del estanque.

Para crear el agua que fluye, el IPRS utiliza componentes que, cuando se combinan, mezclan y mueven el agua en un patrón circular alrededor de una partición divisoria (deflector) en el estanque, reciclando y refrescando efectivamente el agua y evitando su vertido en el medio ambiente local. Este sistema disminuye los costos de producción por unidad, reduce el riesgo y mejora significativamente el rendimiento. Los IPRS funcionan con sencillez y en armonía con la naturaleza para ofrecer una mayor previsibilidad y potencial de beneficios que los estanques de funcionamiento convencional. La tecnología IPRS ofrece el potencial de duplicar, o incluso triplicar, los rendimientos por encima de las expectativas de los estanques tradicionales (hasta 70-80 toneladas por hectárea en climas tropicales) sin verter agua o desechos en las vías fluviales locales. El IPRS es un enfoque más manejable y controlable que permite obtener altos rendimientos y reducir el impacto medioambiental.

Desde que el Consejo de Exportación de Soja de Estados Unidos (USSEC) introdujo el IPRS en China en 2013, se han desarrollado casi 9000 sistemas en 18 países. En este manual conocerá el planteamiento, los principios y las acciones de gestión que hacen que el IPRS tenga éxito en todo el mundo.



Figura 1. Visión general de la explotación IPRS estándar del USSEC. Clave para las figuras 1 y 2. 1. Compuertas de confinamiento. 2. Almacenamiento de alimentos. 3. Autoalimentación mecánica. 4. Retirada mecánica de desechos sólidos. 5. Zona de estanque abierto. 6. Zona de producción (PZ). 7. Zona de reposo (QZ). 8. Eliminación de desechos sólidos. 9. Aireación suplementaria (SA). 10. Vía de trabajo. 11. Unidad de aguas blancas (Estanque abierto). 12. Unidades de aguas blancas (cabezal de Raceway). 13. Deflector.

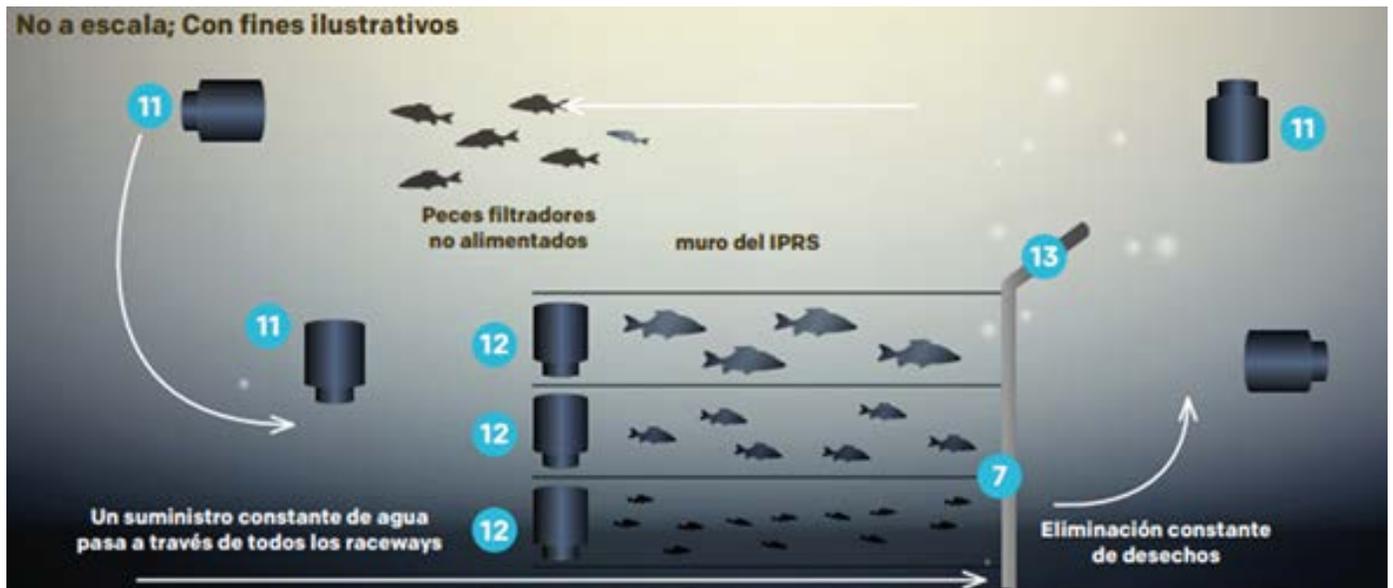


Figura 2. Principio de agua corriente "Río en un estanque"

SECCIÓN 1.2: Recorrido por los puntos clave de una explotación IPRS

Los elementos clave del IPRS incluyen:

1. Las unidades de aguas blancas (WWU) son motores eléctricos aéreos de alta eficiencia que airean, mezclan y hacen circular el agua a través de los canales y alrededor del estanque. Para que el IPRS tenga éxito, el suministro de electricidad debe ser fiable y constante (con un generador eléctrico de respaldo de arranque automático).

2. Canales alargados y rectangulares instalados en paralelo a lo largo del lado más largo del estanque. Estos raceways son las estructuras que confinan a las especies de producción primaria alimentadas y proporcionan un fácil acceso para gestionar (almacenar, alimentar, cosechar, tomar muestras, etc.) los peces. Los paneles de malla denominados "compuertas de confinamiento" situados en cada extremo de los raceways facilitan el caudal de agua mientras retienen a los peces en el raceway. Las especies filtradoras libres, no alimentadas en el estanque abierto, aumentan el volumen y el valor de la producción.

3. Una zona de reposo (QZ) en la cola de los raceways está estructurada para que los desechos sólidos se asienten, y se recojan y retiren mediante una bomba de vacío. Esto elimina una parte importante de los desechos orgánicos que, de otro modo, tendrían que ser asimilados por el estanque y los deja disponibles para su posterior uso con valor añadido.

4. Un deflector que corre por el centro del estanque y que obliga a que el agua circule completamente por el estanque antes de volver a los raceways. Esto permite que el agua que fluye, rica en oxígeno, junto con los organismos naturales del estanque, acelere significativamente la asimilación de los desechos orgánicos que se producen al alimentar a los peces.

5. Suele prestarse poca atención al estanque abierto, pero es el componente más importante para conseguir un IPRS exitoso. Como se describe más adelante, toda la asimilación biológica de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica se produce en el estanque abierto. Estos procesos rejuvenecen y acondi-

cionan el agua para su paso por los raceways.

6. Un generador de respaldo de arranque automático es un elemento crítico para el éxito operativo del IPRS. En todas las zonas se producen interrupciones de energía eléctrica, por lo que los operadores instalan generadores eléctricos de tamaño adecuado para proporcionar la energía eléctrica necesaria cuando la línea de alimentación eléctrica se interrumpe temporalmente. Este equipo es probado y operado semanalmente para asegurar su capacidad de arranque automático y proporcionar la energía necesaria para el equipamiento específico del IPRS.

7. Los estanques del IPRS están diseñados y equipados con un sistema de recogida y eliminación de desechos que reduce drásticamente la carga orgánica en el entorno del estanque. Éstas funcionan a intervalos programados para retirar los sólidos sedimentados y depositarlos en tanques de almacenamiento temporal en tierra. Los tanques de almacenamiento se vacían con frecuencia y los materiales se reciclan.

8. Las compuertas de confinamiento son equipos en forma de valla ubicados en los extremos de la zona de producción, diseñados para evitar que los peces se escapen de la zona de producción (PZ). La malla duradera debe ser una malla de acero inoxidable resistente de un tamaño que pueda retener a los peces más pequeños allí contenidos, pero lo suficientemente grande como para permitir el libre flujo de agua a través del raceway.

Trabajando juntos, estos elementos facilitan un entorno de cultivo altamente productivo que ofrece muchas ventajas sobre el cultivo tradicional en estanques. La decisión de pasar a esta tecnología avanzada no debe tomarse a la ligera, ya que son muchos los cambios económicos, estructurales y de gestión que deben producirse. Para que estos sistemas tengan éxito, los productores y empresarios deben estar dispuestos a comprometerse con el nuevo estilo de gestión y a proporcionar los insumos necesarios, tal como se especifica en este documento. Los detalles de estos requisitos se detallan aquí junto con los matices de la construcción, la gestión y la planificación financiera y económica. El IPRS ofrece un gran potencial, y está siendo adoptado y adaptado con éxito en numerosos países, climas y culturas.

SECCIÓN 1.3: Sistema de Raceways en Estanques - Teoría e historia

El desarrollo de las tecnologías modernas de sistemas de producción de estanques avanzados e intensificados se inició en Estados Unidos a finales de los años 80 en la Universidad de Auburn, la Universidad de Clemson y posteriormente en la Universidad Estatal de Mississippi. Los primeros modelos que se utilizaron fueron solo a escala de investigación y eran rudimentarios, pero empezaron a establecer los principios que se utilizan en los IPRS actuales. El Dr. David Brune, *et al.*, (2004) de la Universidad de Clemson se centró en lo que denominó "Sistemas de Acuicultura Divididos" o PAS. Su sistema buscaba minimizar el volumen de agua y utilizaba ruedas de paletas sólidas, con movimientos lentos, para mezclar y dirigir el agua en el estanque. El enfoque de los Dres. Mike Masser y Andy Lazur (2004) en la Universidad de Auburn se desarrolló en torno a un pequeño raceway flotante. Su sistema utilizaba pequeños tubos de transporte aéreo para intercambiar activamente el agua en el raceway desde el estanque donde estaba instalado.

A finales de la década de 1990, el Dr. Craig Tucker *et al.*, (2016) inició el trabajo en el Centro de Acuicultura Thad Cochran en Stoneville, Mississippi, en colaboración con el Dr. David Brune de la Universidad de Clemson (Brune *et al.*, 2012). Sus esfuerzos desarrollaron el Sistema de Acuicultura Dividido, iniciado en Clemson varios años antes. Todas las primeras iteraciones utilizaban alguna forma de movimiento del agua, mezcla y fuerte aireación para acelerar la asimilación de los desechos y mejorar el rendimiento del bagre de canal en el estanque. Las dos imágenes representan gran parte del sistema de raceway en estanque (IPRS) a escala comercial. El trabajo de investigación y desarrollo en la Universidad de Auburn fue patrocinado por el Sistema de Extensión Cooperativa de Alabama (ACES), la Asociación de Productores de Bagre de Alabama (ACPA) y, posteriormente, por los productores de soja de EE. UU. a través del programa de investigación y promoción de la industria. La industria estadounidense de la soja ha seguido siendo el principal patrocinador del desarrollo de este moderno enfoque de la acuicultura en estanques, tanto en Estados Unidos como a nivel internacional.

A partir de 2003-2004, la Universidad de Auburn inició una nueva fase de cultivos avanzados en estanques utilizando raceways dentro de los mismos, centrándose en el desarrollo de tecnologías de raceways a escala comercial para que

sean industrialmente viables y mejoren el potencial de beneficios de los acuicultores. Con el apoyo de ACES y ACPA, se llevaron adelante ocho años de investigación y demostración del IPRS, principalmente en el sureste de Estados Unidos.

El trabajo de la Universidad de Auburn pretendía seguir los ejemplos encontrados en los raceways en los que se cultivan truchas utilizando agua de manantial de alta calidad que fluye por la ladera de una montaña o un terreno similar. Los rendimientos de producción de estos sistemas y la facilidad de gestión de las poblaciones de peces fueron sorprendentes. Los investigadores de Auburn trataron de imitar el flujo natural de un río y buscar la forma de adaptar esta característica en la producción comercial de estanques. Las estructuras de los raceways se modificaron para utilizar agua corriente a través del raceway y alrededor del estanque como un sistema de agua corriente o mixto.

A lo largo de varios ensayos, se desarrollaron unidades de aguas blancas (WWU) que, con un bajo costo operativo, mezclan, airean y empujan continuamente el agua a través de los raceways y alrededor del estanque. Este flujo fluvial continuo es visible en casi todos los puntos del estanque. Durante los ensayos que se realizaron en Auburn, los investigadores Dres. Jesse Chappell, Terry Hanson, Kubitza, Arana (2017), Roy *et al.*, (2019) y Bott *et al.*, (2015) lograron determinar los enfoques apropiados para el uso de equipos y componentes, incluyendo el desarrollo de WWU, las proporciones de volumen de agua para el número y el volumen de raceways a instalar para una producción confiable y predecible. Varios ensayos efectuados en estanques comerciales de bagre en Alabama demostraron mejoras significativas en la eficiencia y el rendimiento con respecto a la gestión tradicional cuando se utiliza el IPRS.

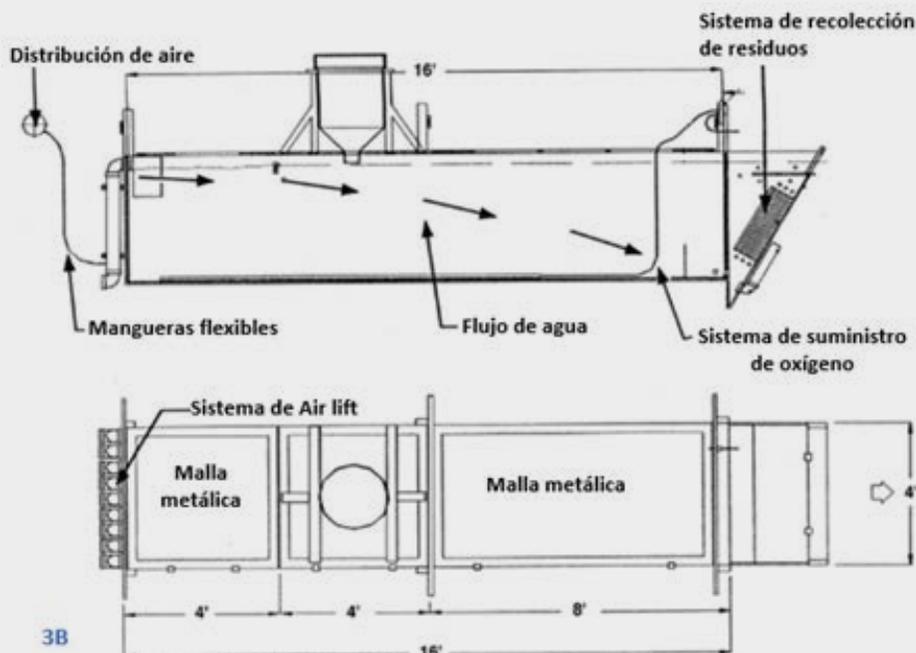
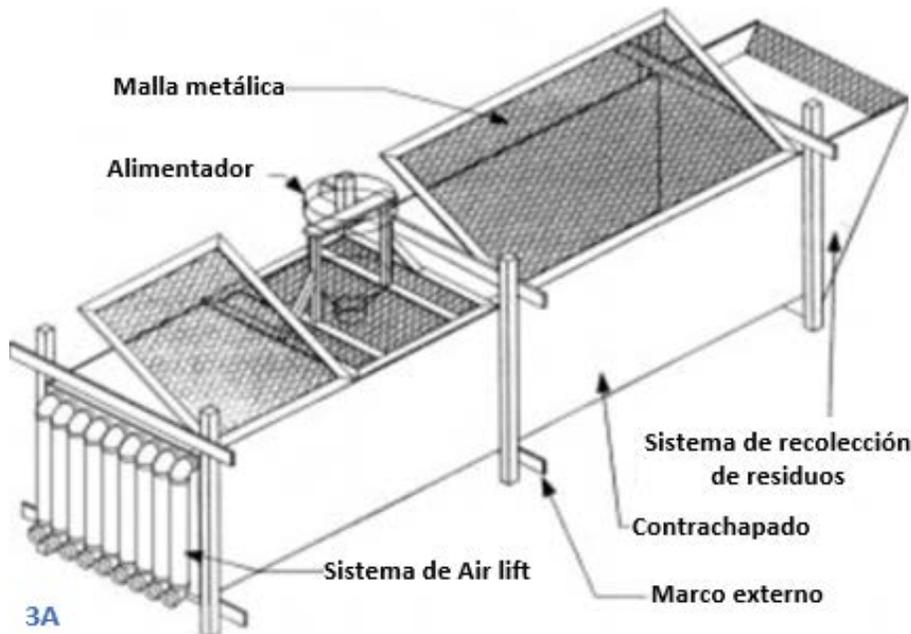
En 2011-2012, los líderes de la industria de la soja de Estados Unidos, con la orientación del Dr. Michael Cremer, iniciaron un esfuerzo integral para extender la tecnología del IPRS a los principales mercados donde se vendía la soja cultivada en Estados Unidos, para el desarrollo de piensos para peces a base de soja. Empezaron a introducir el IPRS a los clientes internacionales en 2012- 2013 en China, el mayor consumidor de soja de Estados Unidos. El equipo de acuicultura del USSEC y los contratistas han realizado grandes mejoras en la actualización y estandarización de la tecnología y los protocolos básicos del IPRS para su adopción por la industria acuícola mundial. Desde 2013, cuando se llevó a cabo con éxito la primera demostración del IPRS en China, se han introducido mejoras en el diseño, cons-

trucción, componentes, equipamiento y dispositivos para un funcionamiento más eficiente del IPRS. Fue en China donde se promocionó y adoptó ampliamente la tecnología IPRS del USSEC, con dietas optimizadas para peces con soja estadounidense. Desde entonces, se ha introducido con éxito en todo el mundo a través del Programa Mundial de Acuicultura del USSEC.

Desde sus inicios en China, la tecnología IPRS ha sido adoptada en más de 18 países. Los adoptantes y usuarios típicos de la tecnología IPRS están comprando piensos nutritivos que utilizan productos de soja de alta calidad cultivados en Estados Unidos y están cultivando exitosamente más de 25

especies de peces y camarones destinados a los mercados mundiales.

El objetivo principal y permanente del USSEC y de este manual es fomentar y apoyar la adopción de la tecnología IPRS, para mejorar la eficiencia de la producción y las oportunidades económicas disponibles para los productores que cultivan peces en estanques, tanto en Estados Unidos como en la comunidad acuícola mundial. El uso de dietas flotantes de alta calidad, incluyendo la soja estadounidense como principal fuente de proteínas, se ha presentado como un principio operativo en el IPRS.



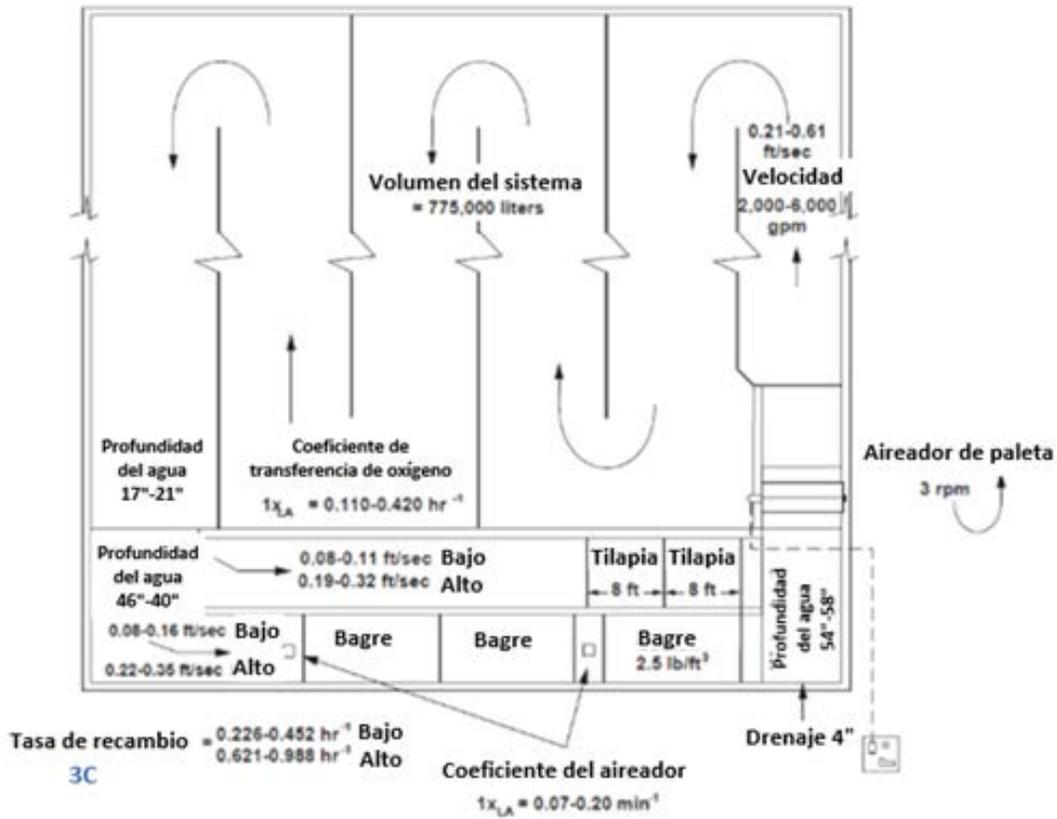


Figura 3A y B. Diagrama y vista de planta de los primeros modelos de estanques a pequeña escala desarrollados por los Dres. M. Masser y A. Lazur (2004) en la Universidad de Auburn. Figura 3C. El sistema de acuicultura dividido diseñado en la Universidad de Clemson evolucionó hasta convertirse en la tecnología IPRS.



Figura 4. Imagen de uno de los primeros IPRS comerciales en Alabama en 2005, donde se utilizaban ruedas de paletas para mover el agua

SECCIÓN 1.4: ¿Debería considerar el IPRS para su granja?

Se recomienda a las personas que vayan a adoptar el IPRS que tengan en cuenta las siguientes limitaciones. Cada uno de los siguientes criterios críticos debe cumplirse para obtener los beneficios del IPRS y el éxito, según las directrices de gestión del IPRS probadas y recomendadas por el USSEC.

A. Los estanques existentes o planificados deben tener un volumen de agua suficiente para construir un mínimo de dos, aunque lo óptimo son tres, celdas de raceways. Dos celdas para la producción y una tercera opcional para el desarrollo de los juveniles (stockers). Por supuesto, los juveniles pueden desarrollarse en otros estanques, tanques o raceways. El volumen mínimo del estanque para este sistema es de 30.000 m³ de agua, incluyendo una profundidad mínima de 2 metros (para 3 raceways). Hay varias formas de alcanzar este volumen en cuanto a la superficie y la profundidad del estanque. El volumen determina el número de raceways que se deben instalar. Las granjas con estanques pequeños tienen la opción de combinar varios estanques adyacentes para conseguir este volumen.

B. Los componentes eléctricos de la explotación requieren un suministro estable y deben tener una expectativa razonable de tiempos de inactividad poco frecuentes. Un generador de arranque automático de emergencia es un componente esencial y debe tener el tamaño y la potencia suficientes para arrancar y hacer funcionar el equipo operativo principal en caso de cortes de energía eléctrica.

C. La explotación debe disponer de alevines de alta calidad en la cantidad, tamaño y especie correctos para abastecer todas las celdas del raceway. Las granjas que inician la gestión del IPRS deben planificar con los proveedores de alevines con mucha antelación, ya que el número de ejemplares necesarios es significativamente mayor que el de los estanques que se gestionan de forma tradicional. Como alternativa, la explotación puede desarrollar un plan integral de abastecimiento de alevines en cantidad y calidad suficientes, con un plan de cría hasta que alcancen el tamaño adecuado en un sistema de vivero o en una celda de raceway adaptada del IPRS.

D. La empresa debe tener acceso a capital suficiente para planificar, construir correctamente y en su totalidad las celdas de raceways del IPRS, así como para adquirir los equipos asociados (incluidos los sistemas de respaldo). Hay que disponer de capital adicional para hacer frente a los costos operativos, como la compra de alevines, la calidad y cantidad adecuadas de pienso, energía eléctrica, mano de obra, etc., y planificar otras contingencias operativas.

E. El éxito de la empresa y el rendimiento del IPRS dependen de que se sigan cuidadosamente los principios expuestos a continuación para facilitar la mejora de la eficiencia y los rendimientos descritos.

- Si se siguen las normas expuestas, los usuarios deberían ver el rendimiento indicado.

- Si no se siguen las normas correctas y/o no se entienden y siguen los principios, se reducirá el rendimiento, se verá afectada la rentabilidad y aumentará la probabilidad de fracaso del negocio



Figura 5. Ejemplos de raceways y unidades de aguas blancas (WWU) de IPRS modernos.

ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DEL SÍNDROME DE LA NECROSIS HEPATOPANCREÁTICA AGUDA (AHPNS/EMS) Y LA ENFERMEDAD ALTAMENTE LETAL POR *VIBRIO* (HLVD/GPD/TPD)

Stephen Newman

Aqua In Tech

sgnewm@aqua-in-tech.com

Al igual que la infección por *Enterocytozoon hepatopanaei* (EHP, por sus siglas en inglés), el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) y otros patógenos que afectan los camarones de cultivo como el síndrome de mortalidad temprana (EMS) o el síndrome o la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPNS o AHPND) continúan causando pérdidas significativas entre los productores de camarones en todo el mundo. Recientemente, nuevas cepas de *Vibrio parahaemolyticus* (VP) se han asociado con otra enfermedad grave. Las cepas que causan HLVD (enfermedad altamente letal por vibrio), también conocida como enfermedad postlarvaria translúcida (TPD) o enfermedad postlarvaria del vidrio (GPD), no contienen las toxinas responsables de la AHPNS. Algunas estimaciones indican que solo AHPNS ha causado más de \$40 mil millones en pérdidas hasta la fecha. Ha dado forma a la industria global en lo que es hoy y está influyendo en la forma en que evolucionará en los próximos años. Esta nueva cepa de VP está causando estragos y está causan-

do pérdidas significativas en muchos países. Informes recientes sugieren que un virus recién descubierto también puede estar asociado con algunos casos de GPD. Estos problemas reiteran la necesidad de mantener los patógenos fuera de los sistemas de producción siempre que sea posible.

Algunos países niegan que la cepa de *Vibrio parahaemolyticus* (VP) que causa la enfermedad de alta patogenicidad esté presente en sus poblaciones, lo que aumenta aún más las posibilidades de propagarla. Lo más probable es que esta perspectiva persista con el GPD. En el caso de AHPNS, las condiciones en las que se producen las toxinas, las funciones relativas de las dos toxinas, PIRa y PIRb, y cuáles son las opciones en términos de eliminación del impacto han sido objeto de un estudio intensivo. En el caso de la GPD, también se están realizando estudios para comprender mejor cómo el grupo de toxinas causa la enfermedad.



Camarones sanos (arriba) e infectados con AHPNS (abajo) que muestran una patología característica.

Estos vibrios deben considerarse super patógenos. Si bien la erradicación comienza con los reproductores, esto por sí solo no suele ser suficiente para mantenerlos completamente fuera del sistema de producción. Los datos sugieren que la AHPNS puede considerarse una enfermedad ambiental. Las prácticas de cultivo dañan el microbioma, lo que permite que prolifere esta cepa bacteriana inusual. Lo más probable es que esto sea similar con el GPD.

Se han reportado altos niveles de mortalidad debido al GPD. Estas cepas de VP son portadoras de toxinas Tc. Estas están bien caracterizadas y, al igual que con las toxinas PIRa y PIRb, parecen haberse originado no en vibrios. Estas cepas son letales y pueden diseminarse rápidamente por los ecosistemas acuáticos y dominarlos. Es probable que el GPD se arraigue firmemente junto con el AHPNS, intensificando el impacto negativo de estos vibrios. Esto hace que sea imperativo controlar la presencia de estos micro organismos en la medida de lo posible.

Antecedentes

Las especies de *Vibrio* son fundamentales para el funcionamiento normal de los ecosistemas marinos. Desempeñan un papel importante en el reciclaje de quitina, un componente de los exoesqueletos de los artrópodos. Hasta la fecha se han identificado más de 140 especies de vibrios, y es probable que se caractericen muchas más. Como es típico de todas las bacterias, cada especie tiene muchas cepas diferentes y distintivas dentro de ella. Estas cepas a menudo se caracterizan por la producción de compuestos que son exclusivos de la cepa específica.

Estos pueden ser toxinas o capacidad de proliferar en presencia de lo que serían condiciones limitantes de crecimiento para otras cepas.

La especie *Vibrio parahaemolyticus* está muy extendida en todos los ecosistemas acuáticos y algunas cepas son consideradas patógenos humanos. Estos pueden causar una intoxicación alimentaria aguda (generalmente por comer mariscos contaminados), mientras que otros son responsables de septicemias fulminantes, rápidas, que pueden provocar la muerte en menos de 24 horas después de una infección inicial, a menudo por una herida punzante menor. Algunos son patógenos únicos de peces y camarones. La presencia de VP, en sí misma, en los sistemas de producción no es necesariamente un problema, ya que la mayoría de las cepas son oportunistas y no patógenos obligados. Los patógenos obligados producen enfermedades en animales sanos, mientras que los patógenos oportunistas producen enfermedades en animales debilitados.

Las observaciones publicadas indican que el EMS/AHPNS apareció por primera vez en China en 2009. Esta cepa se propagó y posteriormente se reportó en Vietnam (2010), Malasia (2011), Tailandia (2012), México (2013), Filipinas (2015) y en el 2016 en América del Sur. Es probable que casi todos los países que cultivan camarones tengan este patógeno presente. Sin embargo, el aislamiento geográfico puede ayudar a mantenerlo fuera.



Signos graves de AHPNS, estómago vacío, hepatopáncreas pálido y un intestino medio vacío. (Tran 2013. GAA Advocate.).

Cuando la enfermedad apareció por primera vez, mató principalmente postlarvas (PL) en los laboratorios de cultivo y, finalmente, los camarones en las primeras tres o cuatro semanas posteriores a la siembra. De ahí el nombre de "síndrome de mortalidad temprana" (EMS). A

medida que el patógeno se propagaba, la mortalidad no se limitaba únicamente a esta etapa temprana de la producción. La patología observada es consistente entre áreas geográficas y probablemente contribuya a infecciones secundarias debido a patógenos oportunistas. Los animales afectados no comen y el hepatopáncreas muestra un daño extenso en los túbulos y una decoloración del mismo. Si bien este daño es indicativo del proceso de la enfermedad (el término técnico es patognomónico), hay otras cosas que pueden dañar los túbulos. El diagnóstico preciso requiere el aislamiento del patógeno específico o el uso de PCR en tiempo real.



Microscopía de montaje húmedo: túbulos del hepatopáncreas melanizados, AHPND crónica.

Los vibrios, al igual que la mayoría de las bacterias, intercambian fácilmente material genético dentro de su propio género, así como con otros géneros. Los enfoques dogmáticos de la microbiología marina establecen que las colonias verdes de TCBS (de las cuales la mayoría de las cepas de VP son un ejemplo) deben mantenerse fuera de los criaderos o granjas, pero la realidad es algo diferente. Centrarse únicamente en las colonias verdes de TCBS es, en el mejor de los casos, ingenuo y, en el peor, una fórmula para el fracaso. Muchos vibrios amarillos TCBS son patógenos obligados, incluidas cepas altamente virulentas de *Vibrio alginolyticus*. Se ha informado que las cepas de VP responsables de la GPD son débilmente amarillas, a diferencia de las cepas que causan AHPNS.

El objetivo debe ser centrarse en la producción de animales limpios, sanos, libres de estrés y genéticamente mejorados que han demostrado ser refractarios a la infección.

Minimizar la presencia de vibrios en general, independientemente de si son amarillos o verdes en el TCBS, no siempre es práctico y puede resultar en la presencia de otros patógenos oportunistas.

Las bacterias producen enfermedades de muchas maneras. La cepa de VP que causa AHPNS produce dos proteínas toxinas formadoras de poros, PIRa y PIRb, que son muy similares en aminoácidos a una toxina que mata insectos producida por cepas de *Photobacterium luminescens*. También son muy similares en términos de estructura y actividad a la toxina insecticida cristalina (Cry) de *Bacillus thuringiensis*.

Estos genes están presentes en un plásmido conjugativo, un pequeño fragmento circular de ADN que se transfiere fácilmente entre otros vibrios y potencialmente otros géneros. Se ha encontrado que este plásmido no solo en esta cepa específica de *V. parahaemolyticus*, pero también en cepas de *V. owensii*, *V. harveyi*, *V. campbellii*, *V. punensis* y *Micrococcus* y *Shewanella*. También se ha introducido en *Escherichia coli* en el laboratorio. Dado que las bacterias intercambian material genético muy libremente con otras bacterias, hay muchas cepas diferentes de VP que portan este plásmido. Algunas producen solo una de las toxinas, mientras otras cantidades muy pequeñas o grandes cantidades. Algunas producen mucho de uno y un poco de lo otro. Algunos tienen una copia del plásmido y otros tienen muchas. Estas toxinas son excretadas por las bacterias y dañan a los camarones, eventualmente hasta el punto en que estos no pueden obtener una nutrición adecuada y, en este estado debilitado, son fácilmente invadidos por la cepa que produce la toxina y otros patógenos oportunistas.

Las toxinas son transmitidas por el agua. Aunque las cepas de VP asociadas con AHPNS forman biopelículas y hay informes de formación de biopelículas en el entorno de producción inmediato, esto no parece ser un requisito absoluto para que los camarones se vean afectados, ya que los estudios de laboratorio han demostrado que la formación de biopelículas no siempre es un elemento crítico para la producción de toxinas. Existe evidencia sustancial de que otro rasgo de esta cepa, un sistema de secreción antibacteriano de tipo VI (T6SS) le permite dominar en ambientes sobre otros vibrios y otras bacterias. Se trata de una potente herramienta mediante la cual el vibrio causa estragos en el microbioma, lo que le permite dominar rápidamente. Este rasgo es fundamental para la capacidad de propagación de estas cepas bacterianas, y parece necesario para la capacidad de producir enfermedades.

También parece estar presente solo en las cepas portadoras de plásmidos y no en otras cepas VP de tipo salvaje. Las cepas VP que causan GPD también tienen este rasgo. Estas propiedades los convierten en super patógenos.



Postlarvas afectadas por la enfermedad postlarvaria del vidrio (GPD) o la enfermedad postlarvaria translúcida (TPD).

La GPD se notificó por primera vez en China en 2019 y se ha extendido a muchos países productores de camarón, aunque no se comprende bien hasta qué punto los está afectando. El GPD es mucho más letal que el AHPNS. Cuando las PL se infectan en los laboratorios, más del 90% muere en un lapso de 24 a 48 horas posteriores a la observación de la presencia del patógeno en las PLs. Los animales infectados tienen un hepatopáncreas y un tracto digestivo de color pálido a incoloro que se parecen mucho a el de los camarones con AHPNS. A diferencia de la Toxinas PIRa y PIRb: el complejo de toxina Tc no se excreta y requiere que las bacterias mueran para que la toxina esté presente en el medio ambiente. Originalmente caracterizado en *Photobacterium luminescens*, las toxinas Tc tienen un papel importante en el control de ciertos patógenos de plantas. Lo más probable es que hayan llegado a VP a través de la transferencia horizontal de genes, al igual que se cree que las toxinas PIRa y PIRb también han llegado a las cepas de VP. Como se ha mencionado, estas cepas también expresan T6SS.



a. Camarones saludables.



b. Afectados por GPD.

La mejor manera de controlar los patógenos es excluirllos. Esta es la base de las estrategias proactivas de gestión de sanidad animal. El concepto, reducir la carga ambiental de patógenos mediante la reducción del número de portadores potenciales y, por lo tanto, de esparcidores. Esto parecería simple, pero con la cepa específica de VP que causa AHPNS, es solo una parte de la solución. Al mantenerlo fuera de los reproductores y, por lo tanto, de las PLs, es menos probable que se produzca una fase aguda temprana de la enfermedad. Dado que la GPD también puede causar mortalidad aguda, también es imperativo mantenerla fuera de los reproductores. La mortalidad crónica puede ocurrir por la exposición a niveles bajos de toxinas PIRa y PIRb. Esto es probablemente similar en GPD.

En teoría, se podría estimular una respuesta inmune útil contra estas cepas, aunque la naturaleza de las toxinas (al menos las toxinas PIRa y PIRb) son tales que pueden producir patología incluso cuando el patógeno no está presente. Los camarones no pueden ser inmunizados en el sentido clásico de la palabra. No hay especificidad en su respuesta inmunitaria. Pueden ser estimulados de una manera, en gran medida inespecífica, lo que aumentará su capacidad para tolerar cargas patógenas más altas y existe evidencia de que este podría ser el caso con muchos de los vibrios. Hay datos que respaldan que este mecanismo podría proporcionar cierta protección, suficiente para requerir niveles más altos de exposición antes de que los camarones se vean afectados.

La aptitud general de los animales es fundamental para garantizar que los camarones crezcan tan rápido como sean genéticamente capaces de hacerlo y que puedan resistir las infecciones. Los mejores entornos de producción garantizan que el animal tenga todo lo que necesita para protegerse de las enfermedades. La erradicación de patógenos rara vez se logra fácilmente (cuando es posible), por lo que un punto de partida lógico es reducir gradualmente la carga ambiental.

Las prácticas de cultivo deben garantizar que se tomen todas las medidas razonables para reducir los niveles de patógenos obligados. En el caso de las toxinas transmitidas por el agua, esto es un desafío. Dado que se pueden tener cepas que producen niveles muy altos de la toxina y con demasiada frecuencia hay fallas de diseño en las instalaciones de producción que impiden eliminar fácilmente todas las biopelículas, habrá casos en los que haya evidencia de daño por las toxinas, pero la cepa VP responsable no se puede encontrar mediante PCR o cultivo. Aunque las toxinas Tc producidas por las cepas VP

que causan GPD no se excretan como las toxinas PIRa y PIRb, es probable que también puedan causar patología en ausencia de la bacteria.

Estos vibrios deben ser eliminados de los reproductores. Si los reproductores se mantienen en ambientes no bioseguros, en un área donde la enfermedad es endémica, existe una buena probabilidad de que sean portadores de la bacteria. La eliminación solo puede lograrse mediante pruebas individuales de los animales para garantizar que estos estén libres de patógenos y se mantengan en instalaciones de maduración construidas adecuadamente, sin movimiento de animales desde el exterior y con los altos niveles de bioseguridad necesarios para mantener el estado libre de patógenos. Históricamente esta no es la norma y si esto se ignora, las enfermedades no serán erradicadas.

Los laboratorios de producción suelen tener varios puntos de entrada posibles. Incluso si los reproductores están libres del patógeno, hay otras formas de que los vibrios entren en estos centros de producción. Los vibrios pueden ser transportados por el viento; están en el aire en ambientes cercanos al océano u otros cuerpos de agua que podrían transportarlos, como canales de descarga o estanques. Los laboratorios que no tienen sistemas de flujo de aire positivo, es decir, una presión de aire interna que garantice que las bacterias presentes en el ambiente no puedan ingresar, están en riesgo. Si las medidas de bioseguridad son descuidadas los patógenos pueden ser trasladados por empleados o equipos que no estén debidamente desinfectados. Las toxinas pueden estar presentes incluso cuando las técnicas estándar como PCR, RT y el cultivo no logran detectar la bacteria. La exposición de bajo nivel a las toxinas PIRa y PIRb no es invariablemente mortal, aunque dañará el hepatopáncreas y aumentará la probabilidad de problemas con patógenos secundarios. Los animales presentarán un retraso en el crecimiento y eventualmente sucumbirán a infecciones que de otro modo no lo harían. Con presencia de GPD, es lógico que pueda ser similar.

El enriquecimiento es una técnica estándar empleada en microbiología. Cuando se buscan ciertos tipos de bacterias que podrían estar presentes en niveles muy bajos, se agregan muestras a un caldo genérico y se deja crecer. Seguido de esto se procede a la detección o presencia del organismo de interés mediante técnicas estándar. Dado que el plásmido que codifica los genes de la toxina en AHPNS puede estar presente en muchas copias, un número relativamente pequeño de células podría ser responsable de la patología. Si el cribado muestra que hay un daño en el hepatopáncreas,

característico de la presencia de estas toxinas, y las pruebas no revelan la presencia de VP, puede ser necesario un enriquecimiento para confirmar su presencia. Por supuesto, también es posible que otra especie de bacteria esté produciendo la toxina.

No es posible eliminar sistemáticamente todos los vibrios o eliminar selectivamente algunos y no otros, aunque hay algunos que intentarán convencerte de lo contrario. Son ubicuas y, aunque aún no se han observado que estas toxinas Tc se transfieran a organismos que no son vibrios en la naturaleza, sabemos que esto es posible. El objetivo debe ser mantener las cargas tan bajas como sea posible y evitar aquellas actividades que puedan permitir la proliferación de las cepas.

Un componente ambiental

Los primeros esfuerzos para controlar el patógeno AHPNS se centraron en gran medida en el uso de cloro para eliminarlo, al igual que cualquier vector potencial. Ésto, en retrospectiva, resulta haber sido un error. Donde la práctica continúa, la enfermedad continúa. El cloro elimina enormes muestras de la flora microbiana natural del medio ambiente. Esto parece dar a las cepas de VP que causan a AHPNS una ventaja competitiva. T6SS, un mecanismo que estas cepas utilizan para matar otras bacterias, asegura que VP domine ya que se reproduce muy rápidamente, con algunos informes que sugieren diez minutos o menos, en condiciones ideales. Es probable que las cepas responsables del GPD se comporten de manera similar. Mantener un microbioma "saludable" parece ser fundamental para minimizar el impacto. Hay observaciones de campo que vinculan el uso de la cloración en la preparación de estanques con la propagación de esta cepa de VP a expensas de muchas otras bacterias. Esto podría explicar por qué el cultivo conjunto de camarones con tilapia, tanto directamente en estanques de camarones como preferiblemente en estanques adyacentes donde el agua de estos estanques se utiliza en los estanques de camarones, reduce la gravedad y la incidencia de la enfermedad AHPNS. El microbioma asegura que, aunque el patógeno pueda estar presente, no domine.

Una vez que el problema está presente en un grado significativo, no es fácil tratarlo de manera reactiva y coherente para limitar su impacto. Grandes cantidades de recambio de agua pueden disminuir las cargas, pero esto puede ser, en el mejor de los casos, temporal. Ningún país ha logrado erradicar totalmente el AHPNS, aunque el

grado en que afecta la industria es muy variable. Los primeros indicios sugieren que el GPD puede ser más de lo mismo. En Tailandia hay ejemplos en los que los productores dejaron de usar cloro, mientras que sus vecinos que lo usan de forma rutinaria continúan experimentando pérdidas por AHPNS. Las densidades de siembra parecen desempeñar un papel en la susceptibilidad, al igual que la cantidad de biomasa. Las altas densidades pueden estresar a los animales que no son aptos para estas condiciones y hacer que sea mucho más fácil para el patógeno propagarse entre los animales. Los animales grandes tienen mucho más tejido hepatopancreático e incluso cuando está dañado parte de éste, puede quedar suficiente tejido sano para que los animales prosperen. Es lógico que los animales grandes con hepatopáncreas mucho más grandes puedan tolerar exposiciones que dañen estos órganos en los animales más pequeños hasta el punto de morir. Lo que sucede con el GPD es probablemente similar.

La genética también juega un papel en la susceptibilidad, además del tamaño de los animales. Es probable que los reproductores mantenidos al aire libre, en instalaciones no bioseguras, se infecten y esto no sea detectable con las pruebas tradicionales. Una vez presentes, se puede propagar la infección, infectando las PLs, lo que conlleva a que los niveles aumenten gradualmente hasta el punto en que se presenta la enfermedad aguda. El uso de desinfectantes que alteran significativamente los microbiomas también parece ser un factor de riesgo. Las cepas de VP que contienen los plásmidos PIRa y PIRb y que contienen las toxinas Tc tienen un mecanismo (T6SS) que les permite matar a los competidores en entornos en los que las poblaciones bacterianas han sido dañadas por el uso de cloro.

Conclusiones

En conclusión, la erradicación de las cepas de VP que causan AHPNS y GPD es un desafío. Muchos expertos en la materia te dirán que debes convivir con ellos. Esto, por supuesto, es potencialmente problemático. Además, es probable que un acuicultor esté mejor con un microbioma equilibrado en el que estos patógenos pueden estar presentes en niveles bajos que con un microbioma que no esté en equilibrio y que permita que estas cepas proliferen a niveles altos. Los enfoques sugeridos para controlarlos son:

- 1.- Los reproductores deben mantenerse de manera biosegura y se debe hacer todo lo posible para garantizar que no

se alimenten con alimentos contaminados o se infecten inadvertidamente por descuido. Los reproductores limpios producen PLs limpias. Es esencial examinar individualmente a los reproductores. El cribado poblacional no eliminará los vibrios.

2.- Se debe tener cuidado al usar cloro para tratar estanques y reservorios, etc. No usar cloro es un paso que muchos serían reacios a considerar. El dogma ha sido que esto es necesario para mantener a los patógenos fuera de los sistemas de producción. Con AHPNS esto no parece funcionar en su mayor parte. Probablemente tampoco funcionará para GPD. Es importante evitar el uso de cloro y otros desinfectantes. Es probable que a los productores les vaya mejor con microbiomas sanos en los que el VP pueda estar presente, pero no se le da la oportunidad de proliferar en un microbioma dañino.

3.- Desarrollar cepas de camarones que sean tolerantes e incluso resistentes al efecto de las toxinas es importante a largo plazo. Los camarones tienen un gran potencial genético que puede ser explotado.

4.- Comprender la naturaleza de la patología es importante para poder determinar si ésta está presente en los animales. Puede haber una amplia gama de daños dependiendo de los niveles de toxinas. Con la GPD, parece que un virus también puede causar una enfermedad muy similar con la toxina Tc descrita que contiene VP estando ausente. Esto hay que analizarlo mucho más de cerca.

5.- Es posible que sea necesario enriquecer VP utilizando enfoques estándar para verificar su presencia.

6.- Minimizar el estrés al que están sometidos los animales es esencial para mitigar el impacto de la mayoría de las enfermedades que afectan a los camarones. Animales debilitados generalmente serán mucho más susceptibles a una amplia variedad de enfermedades. Minimizar el estrés, entre otras cosas, implica el uso de cepas de camarones que han sido criados para tolerar las altas densidades que ahora se están convirtiendo en la norma para la producción en Vietnam y en muchos otros lugares.

7.- Es esencial asegurarse de que los niveles de oxígeno se mantengan en o cerca de los niveles de saturación a través de la aireación.

8.- Minimizar el estrés de la alimentación mediante el uso de comederos automáticos también disminuirá el estrés general al garantizar que los animales puedan acceder al alimen-

to de manera constante y que puedan consumir la mayor parte, si no todo, del alimento que necesitan.

9.- El muestreo semanal de animales, para determinar su salud, y el hecho de que personal capacitado examine el hepatopáncreas en busca de la patología característica debe ser parte de la estrategia general. Es importante realizar pruebas periódicas a los animales moribundos. El objetivo debe ser obtener una ventaja sobre el patógeno.

10.- Altas densidades de camarones que no están bien adaptados a estas condiciones aumentan las posibilidades de propagación de la enfermedad.

11.- El uso de la biorremediación a través de la administración dirigida de especies de *Bacillus*, utilizando probióticos como PRO4000X, para reducir la acumulación de materia orgánica reducirá las fuentes de alimento disponibles para VP y otros patógenos potenciales.

La preponderancia de la evidencia apunta a que el SEM/AHPNS es una enfermedad ambiental. Lo más probable es que el GPD sea similar. La cloración daña el microbioma y permite que proliferen a expensas de todas las demás bacterias las cepas de VP que poseen plásmidos generadores de toxinas y producen sistemas de secreción tipo 6 (T6SS), permitiendo que estas cepas dominen. Si esto sucede al principio del proceso de producción, vemos grandes niveles de mortalidad temprana. Si ocurre más adelante en el ciclo, dependiendo de las cargas de toxinas y la salud general de la población, se puede ver una gama de impactos que van desde mínimos hasta poblaciones que gradualmente dejan de comer y en la cosecha mortalidades moderadas a altas (a veces solo por el estrés de ser cosechado), daños por patógenos secundarios (lo que hace que el camarón no sea exportable y/o no consumible), etc. En la **Tabla 1**, modificada del Seminario/Taller Técnico Internacional "EMS/AHPND" de junio de 2015, se resumen los factores de riesgo conocidos con algunas sugerencias de manejo. Lo mismo va a suceder con el GPD.

Factor	Comentarios	Sugerencias
pH	Mientras más bajo, mejor	
Salinidad	Mientras más baja, mejor	< 6 ppt, VP prefiere salinidades mas altas.
Temperatura	Mientras más baja, mejor	Altas temperaturas del agua promueven el crecimiento de VP y estresan los animales.
Vectores potenciales	Zooplankton y organismos filtradores	Si es posible, administrar las densidades. sin alterar el microbioma.
Materia orgánica acumulada	Producto de alimentos no consumidos, heces, mudas, etc.	Biorremediación usando productos eficaces como PRO4000X.
Diversidad del microbioma	Promover	No use cloro u otros desinfectantes para tratar de eliminar el VP.

Tabla 1. Factores de riesgo conocidos y sugerencias de manejo para EMS, AHPND.

Si las cepas de VP que causan AHPNS o GPD son parte de un microbioma saludable, su presencia en sí misma no resulta en una enfermedad aguda. La patología varía de mínima a severa dependiendo de la cantidad de exposición a toxinas. Los animales sanos, fuertes y libres de estrés pueden resultar dañados, hasta cierto punto, pero aun así pueden terminar siendo parte de un cultivo rentable. Tenga en cuenta que, al igual que con tipos similares de enfermedades, lo que está ocurriendo es complejo. Lo que funciona en algunas condiciones ambientales puede no tener tanto éxito en otras condiciones ambientales.

Hay que tener en cuenta que hay una gran cantidad de investigaciones en curso sobre estos patógenos. Se han publicado revisiones exhaustivas en AHPNS. Es seguro que el GPD también será objeto de una considerable investigación. No hay soluciones mágicas. Los mejores enfoques para lidiar con estos patógenos son crear ambientes de producción que favorezcan al camarón y que permitan un equilibrio. Bajar las cargas es fundamental, aunque la eliminación no es probable. Mantener un microbioma saludable y dinámico que impida que estos patógenos dominen es fundamental para minimizar su impacto.

AirMMax

Qingdao AirMMax Aeration Equipment Co.,m Ltd

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

WWW.AIRMMAX.COM
WWW.AIRMMAXBLOWER.COM

SEIS FORMAS DE HACER QUE SUS OPERACIONES ACUÍCOLAS SEAN MÁS RESILIENTES AL CLIMA

Kyra Hoevenaars y Jonás van Beijnen



Pueblo flotante en el río Hau en Vietnam, una de las principales zonas productoras de pangasius del país.

La mayoría de las granjas de peces y camarones dependen en gran medida de las condiciones ambientales, especialmente del suministro de agua limpia a una temperatura estable, y esto las hace especialmente vulnerables a los impactos de un clima cambiante.

Los principales factores de estrés climático que afectan a la acuicultura son las fluctuaciones de temperatura, los cambios

en los patrones de lluvia que causan inundaciones o sequías y el aumento de la variabilidad y severidad de las tormentas. La acuicultura marina también se ve afectada por la acidificación de los océanos y la aparición, cada vez mayor, de floraciones de algas nocivas (FAN). Los impactos difieren según las especies cultivadas, el entorno, el tipo de sistema productivo y la ubicación geográfica. Los impactos pueden ocurrir en muy poco tiempo (por ejemplo, lluvias intensas), mientras que otros

son tendencias a largo plazo, y los cambios se producen gradualmente con el tiempo (por ejemplo, la acidificación de los océanos).

El noventa por ciento de las operaciones acuícolas enfrentan riesgos debido al cambio ambiental. Algunos de los países con mayores riesgos, principalmente en Asia, América Latina y África, tienen la menor capacidad para adaptarse a estos cambios climáticos.

Un buen ejemplo es Myanmar. En mayo de 2023, el ciclón Mocha azotó el sur de la Bahía de Bengala y el centro de la tormenta se situó cerca de la ciudad de Sittwe, en el estado de Rakhine. Esta fue una de las tormentas más poderosas jamás registradas en la región, con vientos que alcanzaron los 259 kilómetros por hora y se estima que 670.000 hectáreas de tierra quedaron inundadas, lo que afectó los medios de vida y la seguridad alimentaria de las regiones ya afectadas por la pobreza. Más de un millón de personas, aproximadamente 237.000 hogares, se vieron afectadas, incluidos muchos piscicultores y camarones. Se perdieron las producciones y la infraestructura quedó destruida. La ONU estimó que dos de cada tres hogares agrícolas y más de uno de cada tres hogares pesqueros de la zona perdieron sus activos productivos. La pérdida económica total se estimó en 2.240 millones de dólares, lo que equivale al 3,4 por ciento del PIB de Myanmar.

De manera similar, en 2021, los productores de camarón indios se vieron afectados por el ciclón Yaas, perdiendo alrededor de 12.000 toneladas de camarón (valoradas en 130 millones de dólares). Fue difícil para los productores empezar de nuevo, ya que algunos tenían préstamos que pagar además de las pérdidas de la producción e infraestructura.

Las granjas marinas también se ven afectadas periódicamente por tormentas más severas que parecen haber ido en aumento en los últimos años. En Escocia, 50.000 salmones escaparon tras los daños en las redes causados por la tormenta Ellen en 2020 y en Chile entre 500.000 y 800.000 peces escaparon también debido a los daños de una tormenta. Los daños causados por el tsunami de 2005 a las jaulas flotantes en Tailandia ascendieron a 32,7 millones de dólares y se destruyeron más de 40.000 jaulas.

Los efectos del cambio climático son muy impredecibles y extremadamente localizados, lo que complica aún más las cosas. Si bien algunas áreas experimentarán más

lluvias, otras se verán afectadas por sequías más severas o tormentas más frecuentes y de mayor magnitud. Por lo tanto, las medidas de adaptación deben ajustarse para adecuarse a las circunstancias locales, ya que diferentes amenazas necesitan diferentes opciones de adaptación. En principio, el objetivo es que todas las medidas de adaptación estén diseñadas para reducir la vulnerabilidad y ajustarse eficazmente al impacto climático. La selección de medidas de adaptación efectivas también depende de la aceptación de la comunidad, la urgencia y facilidad de implementación, la viabilidad técnica y los costos requeridos para instaurar estas medidas.

En este artículo brindamos consejos generales que los pequeños productores deben seguir al iniciar una granja acuícola o al adaptar su granja al clima cambiante. Doris Soto, quien ha trabajado para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) durante 12 años, liderando el equipo de acuicultura en temas ambientales y cambio climático, agrega sus conocimientos a nuestra propia experiencia trabajando en acuicultura a pequeña escala en el Sudeste Asiático, Medio Oriente y África durante los últimos 20 años.

1. Implementar mejores prácticas de gestión

“Mejorar las prácticas de gestión es el primer paso hacia la adaptación al clima, especialmente mejorando la bioseguridad, considerando menores densidades de población y garantizando una buena ubicación de las granjas”, dice Soto.

La implementación de mejores prácticas de gestión (BMP) en todos los aspectos de la producción mejorará la resiliencia general de la finca. Es particularmente probable que la susceptibilidad a las enfermedades aumente con el cambio climático, ya que el sistema inmunológico de los animales se ve comprometido cuando están estresados (por ejemplo, por el agua más caliente dentro y alrededor de la granja). Garantizar la salud de los peces y camarones mediante la implementación de buenas prácticas de administración reducirá los riesgos de enfermedades. Las medidas ambientales que garanticen la protección de los ecosistemas locales también disminuirán la vulnerabilidad de las granjas al cambio climático. Las BMP también contribuyen a mejorar la higiene, la eficiencia alimenticia y la calidad del agua.

ASEAN, WorldFish y Sustainable Fisheries Partnership proporcionan directrices sobre mejores prácticas de gestión para la acuicultura. WorldFish también publicó una serie de videos sobre buenas prácticas de acuicultura. Algunas guías son aplicables a determinadas zonas geográficas o especies, pero gran parte del contenido se puede trasladar a otras zonas o especies similares.



Estanques camaroneros inundados tras el ciclón Amphan, que azotó Bengala en 2020. © Gurvinder Singh.

2. Realizar un análisis basado en riesgos

Durante la selección del sitio y la planificación de una nueva granja, se debe realizar un análisis basado en riesgos en relación con el cambio climático y los eventos climáticos extremos. Esto también se puede hacer para los operadores existentes que quieran adaptar su explotación. Una evaluación debe examinar los riesgos climáticos de un área en términos de exposición, impactos potenciales y capacidad de mitigación de riesgos. El objetivo final de una evaluación de riesgos es generar recomendaciones de medidas que reduzcan los riesgos relacionados con el clima: las llamadas medidas de adaptación. Sobre la base de la evaluación de riesgos, se puede desarrollar un plan de preparación para desastres, con el objetivo de monitorear las acciones de mitigación de riesgos, como las medidas de adaptación.

Por lo general, una evaluación de riesgos la llevan a cabo organizaciones que cubren todo un país, región o proyecto. Sin embargo, las evaluaciones de riesgos también pueden ser realizadas por un grupo de acuicultores (una asociación o cooperativa de acuicultores) o por productores individuales más grandes. Care, ONU y

GIZ ofrecen directrices sobre cómo realizar evaluaciones de riesgos.

Si la evaluación encuentra riesgos muy altos que no pueden mitigarse, se debe considerar la reubicación a áreas más seguras. Alternativamente, se pueden implementar proyectos de acuicultura de ciclo corto en áreas que enfrentan períodos más prolongados y regulares de sequía o inundaciones. Por ejemplo, se puede cultivar una especie de pez de rápido crecimiento que se puede cosechar antes de que comience la estación lluviosa o seca. La siembra de alevines más grandes también acorta el período de cultivo y, por lo tanto, también reduce los riesgos de producción. Finalmente, cultivar especies con capacidad de respirar aire, como el bagre, el pangasius y la perca trepadora, puede ser una opción viable cuando la cantidad y calidad del agua son restringidas. Estas especies también pueden trasladarse más fácilmente en caso de emergencia.

3. Diversifica tu producción

No ponga todos los huevos en la misma canasta. La diversificación de productos es una estrategia comúnmente utilizada para repartir riesgos frente a pérdidas. Puede permitir una producción continua si falla una cosecha. Al seleccionar especies que pueden beneficiarse unas de otras, la diversificación también reduce el desperdicio y aumenta la productividad al utilizar subproductos de una especie como insumos para otras especies. También diversifica las fuentes de ingresos de los productores, estabiliza la producción y aumenta la eficiencia de los recursos.

Sin embargo, como observa Soto: "La diversificación solo funciona si diferentes especies o productos no están sujetos al mismo peligro; por ejemplo, eventos extremos como el que tuvo lugar en Myanmar en 2023 pueden afectar a todos los sistemas y especies de cultivo acuícola".

También se debe considerar el uso de sistemas integrados de agricultura-acuicultura y policultivo. Este enfoque diversifica aún más los medios de vida, proporciona alimentos adicionales para la familia y para vender, y utiliza el agua escasa de manera más eficiente, lo que lo convierte en una medida eficaz de adaptación al clima. El agua del estanque se puede utilizar para el riego de cultivos, mientras que los residuos de las cosechas se pueden utilizar como alimento para los peces. Los nutrientes del agua del estanque procedentes de los

excrementos de los peces actúan como fertilizante natural para los cultivos. La vegetación en los diques de los estanques también los fortalece y reduce la erosión.

Seleccionar cepas y variedades locales tanto para los peces como para los cultivos es clave, ya que en la mayoría de los casos se adaptan mejor al clima local y a los patógenos locales.

En el caso de las granjas marinas, se puede implementar la acuicultura multitrófica integrada (IMTA) como medio para diversificarse. Se pueden cultivar algas marinas alrededor de las jaulas y se pueden cultivar especies filtrantes como bivalvos y pepinos de mar debajo o alrededor de las éstas. Sin embargo, IMTA o cualquier sistema diversificado no puede resolver los problemas resultantes de un peligro común, como una tormenta extrema.

Además, el mercado se puede diversificar entre opciones locales, nacionales e internacionales. El suministro a los mercados locales tiene la ventaja de que las necesidades de transporte son limitadas y contribuye a la seguridad alimentaria local.



Doris Soto (derecha) con una de sus estudiantes de doctorado en una granja de mejillones en el sur de Chile. ©Doris Soto.

4. Hacer uso de sistemas de alerta temprana

Los productores deben estar familiarizados con fuentes confiables de información sobre el cambio climático y la variabilidad climática. La información oportuna puede permitir a los acuicultores responder más rápidamente a

los riesgos climáticos. Es importante comprender e interpretar bien las predicciones meteorológicas, como las previsiones meteorológicas. Utilice los pronósticos para prepararse para eventos climáticos extremos. Los pronósticos meteorológicos diarios en línea brindan información sobre próximos eventos climáticos extremos, como ciclones y mareas extremadamente altas. Cuando se predicen de antemano los cambios en la salinidad, la disponibilidad de agua y otros parámetros importantes, los productores pueden preparar sus explotaciones para minimizar las pérdidas y los daños.

Según Soto, cada vez más productores están empezando a utilizar sistemas de alerta temprana. La mayoría tienen un teléfono celular y los sistemas de alerta temprana se pueden utilizar con tecnología simple proveniente en su mayoría de los gobiernos, por lo que existe un gran potencial para que cada aldea esté informada en caso de que se acerque un ciclón severo, o para mantenerse actualizado sobre los últimos acontecimientos relacionados con una temporada de El Niño. La principal brecha es comprender el pronóstico y mejorar la preparación y la respuesta a emergencias. Los productores a menudo pueden acceder a la capacitación a través de ONG o programas gubernamentales.

La tecnología utilizada en los sistemas de alerta temprana incluye inteligencia artificial, teledetección, imágenes satelitales e Internet de las cosas. Empresas como Scoot Science y Blue Lion Labs utilizan herramientas para predecir brotes de fenómenos oceánicos extremos y FAN.

Ejemplos de respuestas de emergencia a los peligros incluyen la cosecha temprana, el fortalecimiento de la infraestructura, el aumento de la tasa de recambio de agua y el suministro de aireación. Algunas granjas de jaulas se pueden remolcar a lugares más seguros y se deben revisar las cuerdas y redes para cerciorarse de que todo esté bien atado.

5. Mejora de la infraestructura productiva

Para granjas de estanques en el interior, diques más altos y más fuertes pueden proteger contra las inundaciones y brindar la oportunidad de tener estanques más profundos en preparación para las sequías y el clima cálido, ya que mantienen una temperatura del agua más estable y

una mayor reserva de oxígeno disuelto. También son menos sensibles a los factores ambientales en los períodos secos. Los diques deben ser lo más estables posible para soportar inundaciones y tormentas. Esto se puede hacer utilizando las proporciones correctas de altura y ancho del dique y el ángulo correcto de la pendiente. Se pueden colocar redes en los diques alrededor de los estanques para evitar fugas durante inundaciones y lluvias intensas.

En áreas con fuertes lluvias o inundaciones, es importante asegurarse de que el agua pueda salir del estanque. Para ello son importantes las tuberías y compuertas de entrada y salida de agua, así como los canales de drenaje. Los canales deben ser lo suficientemente anchos y profundos para absorber agua adicional en caso de fuertes lluvias e inundaciones. En caso de que la zona sufra períodos secos, un canal de entrada puede ser útil para asegurar el suministro de agua desde el mar o el río.

También se pueden construir embalses de agua (o estanques de repuesto) para amortiguar los períodos de sequía.

En el caso de las granjas marinas, se pueden utilizar jaulas marinas sumergibles, pero son caras y más difíciles de gestionar, por lo que actualmente no son adecuadas para los pequeños acuicultores. Las estructuras de jaulas, amarres y redes deben ser de calidad suficiente para resistir las tormentas más fuertes. Las granjas también deberían contar con equipos para recapturar peces escapados. Como mejorar la infraestructura es costoso, es posible que los gobiernos, como parte de su política sobre el cambio climático, proporcionen esquemas de microfinanzas, seguros y préstamos para invertir en infraestructura productiva. Los acuicultores pueden preguntar si estas opciones están disponibles en sus respectivos países.



Los estanques piscícolas con diques muy bajos, como los de Zambia, son vulnerables a las inundaciones. © Kyra Hoevenars.

6. Colaborar con otros acuicultores

La mayoría de las medidas de adaptación no pueden ser implementadas por un solo productor. Por lo tanto, las organizaciones de productores y otras entidades comunitarias y gubernamentales deberían desempeñar un papel importante en la construcción de granjas y comu-

nidades resilientes. Las organizaciones de productores permiten la puesta en común de recursos y habilidades. Además de implementar medidas de adaptación juntos (por ejemplo, prevención de enfermedades), también pueden trabajar juntos para recibir capacitación, intercambiar información, comprender su ecosistema, desarrollar infraestructura, comprar insumos y comercializar productos.



Reunión de una asociación de piscicultores en Zambia. © Kyra Hoevenars.

¿A dónde vamos desde aquí?

A pesar de una serie de proyectos alentadores en este campo, todavía hay muy pocas historias de éxito detalladas y respaldadas por datos sobre cómo han funcionado las medidas de adaptación, por lo que es importante que se realicen más estudios en esta área.

“Por el momento, no contamos con muy buenos sistemas de seguimiento o indicadores para medir el éxito de las medidas de adaptación”, dice Soto. Subraya que esto es necesario para seleccionar medidas eficaces y viables.

Además, la implementación de medidas de adaptación suele tener un costo considerable. Para los pequeños productores, que trabajan incansablemente para poner alimentos en la mesa de comunidades de todo el mundo,

aunque a menudo ellos mismos viven en la pobreza, implementar algunos de estos cambios será un desafío. Se necesita apoyo gubernamental a través de políticas, legislación y apoyo financiero para la implementación de medidas de adaptación. Parte de este costo también debería ser asumido por los consumidores, mediante precios más altos.

La seguridad alimentaria es de importancia crítica para nuestra población mundial, que sigue creciendo. Al trabajar juntos y asumir una responsabilidad colectiva, los operadores de acuicultura pueden ayudar a crear un sistema alimentario resiliente al clima y preparado para el futuro.

Puede acceder al artículo original en inglés a través del siguiente enlace:

<https://goo.su/7fADv>



DISTRIBUIDORA

GRAN ROQUE



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

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

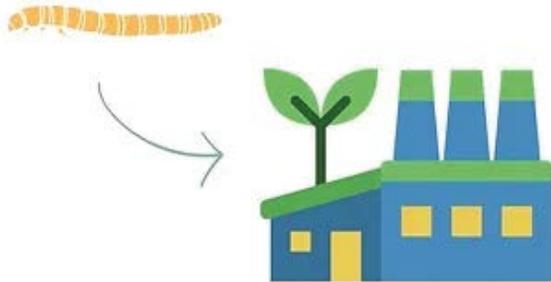
 04147892056

 ventasgranroque@gmail.com



¿CÓMO SE CULTIVAN LOS INSECTOS COMESTIBLES? SEIS ASPECTOS CLAVE

Alexandre Chatelier
Intersect



Es posible que lo hayas leído en las noticias, cada vez aparecen más granjas de insectos en todo el mundo. ¡Sí, la cría de insectos existe! Una cosa del presente y del futuro. Si bien los insectos se han consumido y cultivado durante muchos años en otras partes del mundo, como en el continente africano y asiático, este concepto es bastante nuevo en el mundo occidental.

Dado el creciente interés en los insectos como fuente sostenible de alimentos, las granjas de insectos han estado apareciendo en Europa y América del Norte, lideradas por un puñado de pioneros que creen que los insectos pueden desempeñar un papel en el suministro de productos seguros, nutricionales y respetuosos con el medio ambiente para los humanos y los animales de granja.

Pero, ¿cómo funcionan estas granjas? ¿Están en recintos internos? ¿Pequeñas? ¿Grandes? ¿Se adhieren a los protocolos de higiene?

En este artículo, explicamos cómo se cultivan los insectos comestibles. Nuestro objetivo es proporcionarle una buena comprensión de los procesos, la seguridad detrás de la cría

de insectos y explicar por qué la cría de estos organismos es tan prometedora para el futuro de la seguridad alimentaria.

¿Qué es la cría de insectos?

Es la práctica de criar estos animales con fines comerciales o domésticos. Desde un punto de vista comercial, su objetivo es producir insectos para alimento u otros usos, como la producción de fertilizantes o la transformación en ingredientes para las industrias alimentaria y cosmética.

¿De dónde viene tanto auge? Bueno, tiene varias ventajas potenciales sobre la ganadería tradicional. Los insectos tienen un crecimiento rápido, una conversión alimenticia eficiente y una huella ecológica reducida: requieren menos agua y espacio para crecer, producen menos gases de efecto invernadero y generan menos residuos.

De hecho, algunas especies de insectos, como la mosca soldado negra, se alimentan de desechos y los usan para crecer. Además, muchos insectos son ricos en nutrientes y proporcionan una fuente alternativa de proteínas, grasas y minerales.



Pasos en el cultivo de insectos comestibles

En esta sección, describimos los pasos tomados por los productores para cultivar insectos comestibles. Por supuesto, esta lista de pasos no es exhaustiva y varía de una empresa a otra. De hecho, algunas granjas de insectos son (extremadamente) de alta tecnología y tienen procesos, en muchas ocasiones, secretos.

Dicho esto, hay un puñado de pasos que son comunes a casi todas las granjas de insectos. Vamos a verlos a continuación.

1. Elegir las especies de insectos que se van a cultivar

El primer paso en la cría de insectos es elegir que especie se quiere cultivar. Si bien se estima que más de 2.000 especies de insectos son comestibles, solo pocos se cultivan en el mundo occidental hasta el día de hoy.

Actualmente, los insectos más comúnmente cultivados son la mosca soldado negra, los gusanos de la harina y el grillo doméstico. Las razones detrás de la elección de cultivar una especie de insecto en lugar de otra difieren dependiendo de la preferencia del productor.

Por ejemplo, algunas empresas pueden optar por cultivar gusanos amarillos de la harina, ya que son más fáciles de controlar, no vuelan. Otras empresas optan por la cría de la mosca soldado negra (MSN) ya que sus productos se destinan al mercado de los alimentos acuícolas, algunas especies de peces pueden requerir alimentos a los que los valores nutricionales de la MSN pueden abastecer mejor.

Otra razón para cultivar una especie de insecto en lugar de otra es que solo un número pequeño de éstos han sido aprobados como seguros para el consumo humano en Europa y América del Norte (por ejemplo, el gusano amarillo de la harina y el grillo doméstico).



2. Crear y mantener un entorno de cría

En términos más científicos, el cultivo de insectos se conoce como "cría de insectos", y dependiendo de la especie, se necesitan condiciones ambientales específicas para su producción. En la mayoría de los casos, las granjas se instalan en interiores, recintos cerrados donde los niveles de temperatura y humedad se pueden controlar fácilmente.

Algunos insectos, como la mosca soldado negra, puede necesitar ambientes cálidos y húmedos para crecer, mientras que los grillos prefieren lo contrario, temperaturas frescas y menor humedad.

Además de controlar los niveles de temperatura y humedad, la operación de las granjas de insectos, en recintos cerrados, permite a los productores prevenir riesgos de contaminación y cumplir con las normas de seguridad alimentaria para insectos comestibles.

3. Alimentar a los insectos

Al igual que cualquier otro ser vivo cultivado, los insectos necesitan alimento para crecer, vivir y reproducirse. En la mayoría de los casos, los insectos se alimentan con granos, verduras y frutas, además de todo tipo de comidas ricas en proteínas.

Para ciertos otros insectos, como la mosca soldado negra, es aún más interesante, pueden comer y procesar residuos orgánicos, tales como restos de comida, residuos agrícolas, y estiércol. Por lo tanto, son capaces de convertir estos insumos en masa corporal y crecer a un ritmo extremadamente rápido. Circularidad en su máxima expresión.

En las granjas de menor escala, el alimento se administra a los insectos manualmente. Sin embargo, para las granjas de insectos más grandes (que pueden ser de hasta 40.000 metros cuadrados), la alimentación de los insectos está optimizada y automatizada.



4. Manejo de la población de insectos

A medida que se cultivan los insectos, algunos crecen más rápido que otros y algunos mueren en el camino. Por lo tanto, los criadores de insectos tienen el trabajo de gestionar la población y asegurarse de que el entorno siga siendo ideal en términos de temperatura, luz y humedad, al igual que evitar que se acumulen desechos y eliminar insectos muertos.

Al igual que el proceso de alimentación, la gestión de las poblaciones de insectos es principalmente manual en las granjas pequeñas y automatizada en las granjas más grandes.

5. Recolección y procesamiento de insectos

El momento en el que se cosechan los insectos depende de los objetivos de la empresa. En la mayoría de los casos, los criadores de insectos cosechan animales en diferentes etapas de sus ciclos de crecimiento. Por ejemplo, los criadores de gusanos amarillos de la harina pueden cosechar larvas para producir ingredientes para alimentos para peces. En otros casos, pueden esperar a que otro lote de larvas madure y se conviertan en adultos, hacer que se reproduzcan, recolectar los huevos y comenzar el ciclo nuevamente.

En cuanto a los pasos de procesamiento de los insectos comestibles, esto depende del producto final. En algunos casos, los insectos se congelan. Después de congelarse, se pueden secar o cocinar, mantener enteros o convertirse en polvo. Otras empresas utilizan trituradoras que matan instantáneamente a los insectos y evitan que sufran.



Fuente: Nature.com; **Crédito:** Cyril Marcilhacy/-Bloomberg vía Getty

6. Garantizar la seguridad y la calidad de la cría de insectos

Otra parte crucial de la cría de insectos es garantizar que las instalaciones se mantengan seguras e higiénicas. Al igual que con cualquier otro producto alimenticio, los criadores de insectos deben cumplir estrictos protocolos de higiene para evitar que el medio se contamine.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) ha publicado directrices para la producción segura y sostenible de insectos. Estas directrices ayudan a los criadores de insectos a desarrollar y aplicar procesos en los que los animales se someten a pruebas periódicas para detectar patógenos y la calidad de los productos se supervisa periódicamente.

Reflexiones finales

La cría de insectos se considera el futuro de la agricultura. Puede constituir una alternativa más sostenible a la cría de ganado vacuno, avícola y porcino. De hecho, la cría de insectos requiere menos tierra, agua y alimentos y produce menos gases de efecto invernadero que la ganadería tradicional.

Si bien es posible que no esté entusiasmado con el consumo de insectos debido al famoso factor "asco", puede estar seguro de una cosa, la cría de insectos es al menos tan "limpia" como la agricultura tradicional. Los grillos que puedan estar en una hamburguesa con seguridad habrán sido cultivados en un ambiente controlado, limpiados y procesados adecuadamente para un consumo seguro antes de terminar en los estantes de los supermercados.



Insectos gusanos de la harina y maquinaria.
Fuente: Techcrunch.com; **Créditos:** Ynsect



JULIO 2023 | VOL. 3 | NÚMERO 3



EL ACUICULTOR

LA CALIDAD DEL AGUA PARA
EL BIENESTAR DE LOS PISCICULTORES -
LA IMPORTANCIA DEL AGUA
PÁGINA 10

EFECTOS DEL ESTRÉS POR PISCICULTIVO
Y LA CALIDAD DEL AGUA EN CULTIVO
EN LA TILAPIA A LO LARGO DE LA VIDA
PÁGINA 30

PROMOCIONA CON EL ACUICULTOR

www.svacuicultura.org/revista-el-acuicultor/



Sociedad Venezolana
de Acuicultura

IMAGEN DE PORTADA

Autor: AIDigital On

Estructuras de piscifactoría de arriba

<https://www.shutterstock.com/es/image-photo/fish-farm-structures-above-1830917369>



www.svacuicultura.org

