

Bioseguridad en el cultivo de camarones penaeidos: una revisión Biosecurity on penaeid shrimp farming: A review

Arnaldo Figueredo^{1,2}, José Luis Fuentes³, Tomás Cabrera^{1,4}, Jesús León¹, José Patti^{1,5}, José Silva^{1,6}, Ernesto Ron^{1,7}, Orlando Pichardo^{1,8}, Nelson Marciano^{1,9}

¹Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Dpto. de Acuicultura, Boca del Río, Isla de Margarita, Nueva Esparta, Venezuela

²Agropecuaria Isla de Coche, C.A., Producción, Isla de Coche, Nueva Esparta, Venezuela

³Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Centro Regional de Investigaciones Ambientales, Guatamare, Isla de Margarita, Nueva Esparta, Venezuela

⁴Aqua-Tec, Cultivos Marinos, C.A., El Tunal, Isla de Margarita, Nueva Esparta, Venezuela

⁵Granjas Marinas de Araya, C.A., Producción, El Rincón, Sucre, Venezuela

⁶Aquamarina de la Costa, Laboratorio, Santa Fe, Sucre, Venezuela

⁷Vitapro-Nicovita, Coordinación Académica, Guayaquil, Guayas, Ecuador

⁸Grupo Catabre, Producción, Maracaibo, Zulia, Venezuela

⁹Agromarina Sealand, C.A., Laboratorio, Maracaibo, Zulia, Venezuela

Correspondencia: Arnaldo Figueredo  E-mail: arnaldo.jose.figueredo@gmail.com;
arnaldo.figueredo@ne.udo.edu.ve

Artículo de Revisión | Review

Palabras clave

Enfermedad
Patógeno
Penaeus
Riesgos sanitarios

RESUMEN | La camaronicultura ha venido creciendo significativamente en las últimas décadas, particularmente en el sudeste asiático, India y Ecuador. Paralelamente, la bioseguridad se ha presentado como una necesidad del aparato productivo debido a la frecuencia, magnitud y naturaleza de las enfermedades que afectan a los camarones penaeidos. En este artículo se revisan las estrategias que han sido incluidas en este concepto y las que pudieran serlo en el futuro, para asegurar la sustentabilidad del sector productivo. Entre los aspectos más conocidos, pero no necesariamente aplicados, pueden citarse la definición precisa y constante de la condición sanitaria de los camarones cultivados, la concepción de planes de bioseguridad, la utilización de cepas libres de patógenos específicos (Specific Pathogen Free o SPF), el fortalecimiento de las capacidades diagnósticas en sus tres niveles (signos clínicos, presuntivo y avanzado), la incorporación de análisis de los riesgos sanitarios, la regulación del ingreso de personas a los centros productivos, el establecimiento de protocolos de buenas prácticas de cultivo y la completa restricción de la fauna silvestre o doméstica dentro de las instalaciones de cultivo. Algunos paradigmas no son tan ampliamente manejados, aunque revisten gran importancia, como el involucramiento de múltiples niveles de acción, la implementación del mapeo sanitario, la formulación de planes de contingencia y simulacros, la definición de planes de compensación, la masificación del conocimiento sobre patobiología de los camarones penaeidos y bioseguridad entre los participantes del ciclo productivo, la sustitución de alimentación fresca, el mayor control del entorno, la apropiada disposición de residuos orgánicos, la aplicación de probióticos y manejo de microbiomas, y el fomento de investigación aplicada. La bioseguridad ha venido adquiriendo relevancia y actualmente es imprescindible para el mantenimiento del cultivo de camarones penaeidos como actividad productiva rentable y sostenible.

Keywords

Disease
Pathogen
Penaeus
Sanitary risks

ABSTRACT | Shrimp farming has been growing very significantly in the last decades, particularly in Southeast Asia, India and Ecuador. In parallel, biosecurity has been presented as a necessity of the productive sector due to the frequency, magnitude and nature of diseases affecting penaeid shrimp. The current article reviews the strategies that have been included in this concept and those that may be in the future, to ensure the sustainability of productive sector. Among the best known but not necessarily applied aspects, it can be cited the precise and constant definition of the health condition of cultured shrimps, design of biosecurity plans, the use of Specific Pathogen Free strains (SPF), strengthening of diagnostic capacity at its three levels (clinical signs, presumptive and advanced), incorporation of sanitary risks analysis, regulation of the entry of persons to farms, establishment of protocols for better farming practices and complete restriction of wild or domestic fauna within the culture facilities. Some paradigms are not so widely managed, although they are of great importance, such as the involvement of multiple levels of action, implementation of sanitary mapping, formulation of contingency and mock plans, implementation of compensation programs, massification of knowledge about penaeid shrimp pathology and biosecurity among participants of the production cycle, replacement fresh feed, better environmental control, proper disposal of organic

waste, application of probiotics and management of microbiomes, and promotion of applied research. Biosecurity has been gaining relevance and is currently essential for the maintenance of penaeid shrimp farming as a profitable and sustainable productive activity.

INTRODUCCIÓN

El cultivo comercial de camarones dio inicio en la década de los ´60 del siglo pasado, con muchos tropiezos (Wickins y Lee 2002), logrando a comienzos de los ´80 su consolidación como actividad productiva e iniciando una impresionante expansión (Wyban 2007). En su evolución histórica deben destacarse aumentos muy marcados, tanto en el espejo de agua como en los parámetros productivos (Wyban 2007, Chamberlain 2011). Aunque los precios han resultado inestables y la demanda es cada vez más exigente y compleja, los registros estadísticos demuestran una sostenida tendencia al incremento de la producción, amparada en lo atractivo y prometedor del cultivo (Anderson *et al.* 2017). Los países que lideran estas tendencias son China, Indonesia, Vietnam, India y Ecuador (CEA 2018), aunque la actividad se ha multiplicado en toda la franja tropical, con menos intensidad en el norte de África y el cercano oriente (Anderson *et al.* 2017).

Pero desde los primeros momentos, el devenir del entorno productor camaronero ha estado signado por la ocurrencia periódica de eventos patológicos que han amenazado los constantes progresos alcanzados. La masificación de las zonas de crianza y las tendencias modernas hacia la intensificación de los sistemas de cultivo han generado un lógico interés en aumentar los niveles de conocimiento sobre patobiología de camarones penaeidos y estrategias de bioseguridad aplicables en las instalaciones de cultivo, lo cual motivó esta revisión.

Sobre enfermedades y patógenos que afectan a estos decápodos debe subrayarse la importancia de los trabajos de Couch (1978), Ruangpan (1982), Lightner (1984, 1996, 2011), Baticados *et al.* (1990), Conroy y Conroy (1990), Johnson (1995), Lightner y Redman (1998), Morales y Cuéllar-Anjel (2008, 2014), WOA (2010), Lavilla-Pitogo (2017a) y Morales Covarrubias *et al.* (2018).

Entre la literatura que aborda los tópicos de bioseguridad destacan Lotz y Lightner (1999), Jory (2001, 2017a), Lightner y Pantoja (2001), Chávez Sánchez e Higuera Ciapara (2003), FAO (2003), Schuur (2003), Pruder (2004), Lightner (2006), Deveney y Scott (2008), Flegel *et al.* (2008), Håstein *et al.* (2008), Zepeda *et al.* (2008), Cuéllar-Anjel *et al.* (2010, 2014), Taw (2010), Arce *et al.* (2011), Dvorak y Eia (2011), Newman (2013, 2015, 2019a), KSA (2015), Galli *et al.* (2016), Brenta (2017), Lavilla-Pitogo (2017a, 2017b), Tacon (2017), Stentiford *et al.* (2017), Alday-Sanz (2018, 2019), Alday-Sanz *et al.* (2018), Benítez García (2018), Dhar (2018) y Flegel (2019).

BIOSEGURIDAD EN CAMARONICULTURA

¿Qué es bioseguridad?

Bioseguridad es un concepto aún en proceso de construcción y asimilación en acuicultura. Probablemente, la primera mención del término en el cultivo de camarones penaeidos pueda atribuirse a Lotz y Lightner (1999), quienes además refieren de su posible origen en la avicultura. Podría definirse como el conjunto de medidas que deben ser implementadas para prevenir la introducción de agentes biológicos indeseados, así como las medidas de contingencia aplicadas en respuesta a brotes de enfermedades, incluyendo control y erradicación (Håstein *et al.*, 2008). Un enfoque más holístico integra en este concepto tanto la salud de los organismos cultivados como aspectos de salud pública y bienestar ambiental (FAO 2007). Alday-Sanz (2019), con un punto de vista más bien productivo, define la bioseguridad como una herramienta para proteger el beneficio económico derivado de la actividad. Dado que las enfermedades afectan la salud de los camarones, la salud puede concebirse como una medida de la productividad.

¿Tiene sentido ocuparse de la bioseguridad en la camaronicultura?

Dicho de otro modo, podemos preguntarnos si vale la pena invertir esfuerzos y recursos en bioseguridad. Quien recién se incorpore a este sector productivo puede plantearse estas incógnitas, las cuales pueden ser respondidas desde varias ópticas distintas. Los diferentes aspectos involucrados se entienden mejor si se formulan igualmente como preguntas:

- ¿Son muchas las enfermedades relevantes que afectan a estos crustáceos?
 - ¿Están todas las enfermedades uniformemente distribuidas a nivel geográfico?
 - ¿Estos trastornos patológicos implican un elevado riesgo epidemiológico?
 - ¿Estas enfermedades han causado muchas pérdidas a los productores camaroneros?
 - ¿Existe mucho riesgo de volver a experimentar episodios patológicos en camaronicultura?
- A continuación se intentarán responder todas las interrogantes anteriores.

Registros históricos de eventos patológicos en la camaronicultura a nivel global

Son numerosos los trastornos patológicos que han afectado la acuicultura del camarón en todas las regiones donde se practica, a pesar de lo joven del sector productivo. En la Tabla 1 puede apreciarse una cronología de los brotes primarios de las principales enfermedades registradas en penaeidos cultivados (nótese que no considera las enfermedades padecidas por organismos silvestres).

Tabla 1 Cronología global de las principales enfermedades infecciosas o parasitarias en camarones penaeidos.

Año	Lugar	Enfermedad	Agente etiológico	Tipo de patógeno	Referencia
1971	Texas, EEUU	Micosis larval	<i>Lagenidium</i> sp.	Fúngico	Couch (1978)
1974	Florida, EEUU	Baculovirus tetraédrica	<i>Baculovirus penaei</i> (BP)	Viral	Couch (1978)
1975	Georgia, EEUU	Enfermedad del Camarón Algodonoso	Microsporidios	Fúngico	Couch (1978)
1978	Florida, EEUU	Infección por Bacterias Filamentosas	<i>Leucothrix mucor</i>	Bacteriano	Couch (1978)
1980	México	Baculovirus esférica	MBV	Viral	Lightner y Redman (1981)
1981	Hawái, EEUU	Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa	IHHNV	Viral	Lightner <i>et al.</i> (1983)
1981	Japón	Necrosis Baculoviral de la Glándula Digestiva	BMN	Viral	Sano <i>et al.</i> (1981)
1982	Tailandia	Gregarinos	<i>Nematopsis</i> spp.	Protista	Ruangpan (1982)
1982	Tailandia	Fusariosis	<i>Fusarium solani</i>	Fúngica	Ruangpan (1982)
1985	Malasia	Parvovirus Hepatopancreática	HPV	Viral	Lightner y Redman (1985)
1988	Cuba	Haplosporidiosis Hepatopancreática	HPH	Protista	Dyková <i>et al.</i> (1988)
1989	Ecuador	Necrosis Séptica del Hepatopáncreas	SHPN	Bacteriano	Gómez-Gil <i>et al.</i> (1998)
1990	Texas, EEUU	Hepatopancreatitis Necrotizante	<i>Hepatobacter penaei</i> (NHP)	Bacteriano	Johnson (1995)
1991	Tailandia	Virosis de la Cabeza Amarilla	YHV	Viral	Lightner (2003)
1992	Australia	Virosis Vacuolizante del Órgano Linfoide	LOVV	Viral	Spann y Lester (1997)
1992	Ecuador	Virosis del Síndrome de Taura	TSV	Viral	Hasson <i>et al.</i> (1995)
1993	Japón	Enfermedad de las manchas blancas	WSSV	Viral	Inouye <i>et al.</i> (1994)
1993	Texas, EEUU	Gregarinos larval	<i>Paraophioidina scolecooides</i>	Protista	Jones <i>et al.</i> (1994)
1996	Australia	Virosis de Mourilyan	MoV	Viral	Cowley <i>et al.</i> (2005)
1996	Australia	Virosis de la Mortalidad de los Reproductores	SMV	Viral	Fraser y Owens (1996)
1996	Australia	Virosis Asociada a las Branquias	GAV	Viral	Spann y Lester (1997)
2002	Brasil	Mionecrosis Infecciosa	IMNV	Viral	Lightner <i>et al.</i> (2004)
2002	China	Nodaviriosis de la Mortalidad Encubierta	CMNV	Viral	Zhang <i>et al.</i> (2014)
2003	Tailandia	Microsporidiosis Hepatopancreática	<i>Enterocytozoon hepatopenaei</i> (EHP)	Fúngico	Tourtirp <i>et al.</i> (2009)
2004	Belice	Nodaviriosis de <i>Penaeus vannamei</i>	PvNV	Viral	Tang <i>et al.</i> (2007)
2004	Colombia	Espiroplasmosis	<i>Spiroplasma penaei</i>	Bacteriano	Nunan <i>et al.</i> (2005)
2008	Tailandia	Enfermedad de la Deformidad del Segmento Abdominal	Desconocido (ASDD)	Idiopático	Sakaew <i>et al.</i> (2008)
2008	Guatemala	Estreptococosis	<i>Streptococcus</i> sp.	Bacteriano	Hasson <i>et al.</i> (2009)
2009	China	Enfermedad de la Necrosis Aguda del Hepatopáncreas	AHPND (EMS)	Bacteriano	Thitamadee <i>et al.</i> (2016)
2014	China	Iridovirus de Hemocitos del Camarón	SHIV	Viral	Qiu <i>et al.</i> (2017)
2019	Norteamérica	Infección amebiana	<i>Paramoeba</i> sp.	Protista	Han <i>et al.</i> (2019)

En esta Tabla 1 se percibe claramente la continuidad en la ocurrencia de brotes y aparición de nuevas

enfermedades. Siempre ha habido una enfermedad emergente, un enemigo de moda al cual combatir. A pesar de los esfuerzos crecientes y el mayor conocimiento sobre patobiología del camarón, no han dejado de aparecer nuevas enfermedades (Yoshinaga 2019).

Por otra parte, se destaca la variabilidad de patógenos involucrados en enfermedades de camarón. Aunque predomina la etiología viral, también están presentes la bacteriana, fúngica y protista, en concordancia por lo indicado por Flegel *et al.* (2008) (Fig. 1). Tal diversidad tiene profundas implicaciones sobre la bioseguridad de la camaronicultura. Es preciso evaluar las particularidades de cada grupo patogénico, las cuales conllevan inminentemente a diferentes riesgos y exigen la aplicación de estrategias profilácticas disímiles. Otros grupos como digéneos, céstodos, hirudíneos, nemátodos, cirripedios, isópodos y nemertinos también se conocen como parásitos de camarones penaeidos (Conroy y Conroy 1990, Johnson 1995, Cuéllar-Anjel 2014). No obstante, no se incluyen en la relación anterior por desconocerse la ocurrencia de episodios patológicos en instalaciones acuícolas.

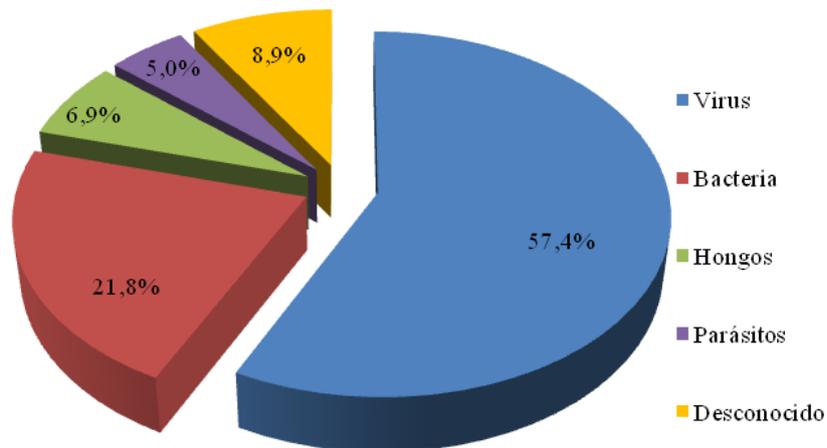


Figura 1 Participación de los principales grupos patógenos en las pérdidas económicas de la industria camaronera durante un año tipo (modificado de Flegel *et al.* 2008).

Consideraciones epidemiológicas de las enfermedades en la camaronicultura

Un nuevo patógeno puede surgir en cualquier área geográfica, independientemente de la especie involucrada o nivel de producción. Al considerar su dispersión, algunas enfermedades se han mantenido restringidas al área del brote inicial. No obstante, en su gran mayoría han rebasado rápidamente sus territorios originales, adquiriendo características epizooticas e incluso panzooticas (Lightner 2003). En la Figura 2 puede observarse como muchas de ellas, como el TSV o el IMNV se han desplazado desde el hemisferio occidental hasta el oriental, mientras que otras como el WSV o el AHPND se han trasladado desde Asia hasta América (Alday-Sanz 2019). Como apunta Yoshinaga (2019), los patógenos suelen caracterizarse por su rápida dispersión, fácil establecimiento y difícil erradicación.

Más allá del aspecto geográfico en sentido estricto, aunque obviamente involucrado, se ha evidenciado la transferencia de patógenos de manera interespecífica. Tal es el caso de YHV, IHHNV y WSV, los cuales fueron detectados inicialmente en *Penaeus monodon*, afectando posteriormente a *P. vannamei*; mientras que en sentido contrario se produjo la migración del TSV, por citar sólo algunos (Lavilla-Pitogo 2017).

La dinámica del comercio internacional de especies acuáticas con fines de acuicultura y particularmente la vinculada a camarones penaeidos, es muy compleja, implicando un intenso desplazamiento de nauplios, postlarvas y reproductores, todo lo cual facilita la dispersión de patógenos (Pantoja y Lightner 2014). Dada la preponderancia de virus y bacterias como los agentes etiológicos más frecuentemente involucrados en brotes (Fig. 1), es lógico que así sea.

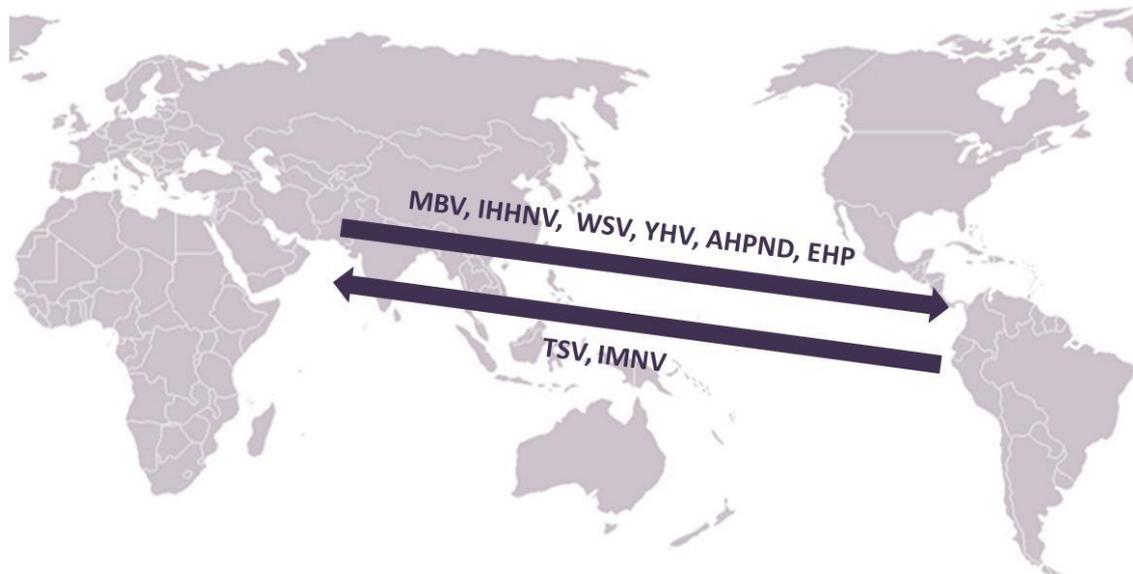


Figura 2 Movilización intercontinental de los patógenos de camarón responsables de panzootias (modificado de Alday-Sanz 2019).

Consideraciones económicas de las enfermedades en la camaronicultura

Al consultar a los productores camaroneros sobre los mayores retos que enfrentan, las enfermedades constituyen siempre uno de los tópicos dominantes (Newman 2019a). Han sido muy cuantiosos los impactos económicos que las enfermedades han significado para el sector camaronero, incluyendo conceptos como pérdidas directas en producción, detrimentos de la calidad del producto, incremento en la conversión de alimentos, reducción de ingresos, disminución de empleos, percances en el acceso a mercados, mermas en la inversión y menoscabo en la confianza del cliente (Dvorak 2009). Sin embargo, los datos son escasos y poco precisos, debido a lo sensible del tema, constituyendo un área gris en la literatura (Bondad-Reantaso *et al.* 2005, Dvorak 2009). Algunos cálculos indican que en este sector productivo se pierden anualmente unos 3.000.000.000 US\$ asociados a enfermedades (Ifremer 1999, Farzanfar 2006). Davies (2016) afirma que sólo en Asia se han perdido al menos 20.000.000.000 US\$ en la última década asociado a trastornos patológicos. Shinn *et al.* (2018) afirman que, sólo entre 2010 y 2016, las pérdidas derivadas de enfermedades superaron los 23 millardos de US\$. En la tabla 2 se perciben algunas estimaciones al respecto, las cuales, a pesar de no ser recientes ni completas, dan idea de la magnitud del impacto de los trastornos patológicos.

Tabla 2 Pérdidas económicas estimadas en la camaronicultura causadas por algunas de las enfermedades más importantes (montos expresados en millones de dólares)(Modificado de Jory 2017a,b). ND = No determinado

Enfermedad	Región		Totales
	América	Asia	
IHNV	500-1.000		500-1.000
TSV	2.000	1.200	3.200
WSSV	>2.000	>6.000	>8.000
YHV	ND	500	500
IMNV	ND	ND	1.200
AHPND	ND	ND	>6.000
EHP	ND	ND	1.000

La bioseguridad suele ser menospreciada en algunas granjas camaroneras con un enfoque severo de reducción de costos, sobre todo en zonas donde no han ocurrido brotes. No obstante, cuando es parte de una visión costo-eficiente, toda esa inversión se traduce en mayor y mejor producción y la ausencia o reducción de gastos posteriores de contención, tratamiento y erradicación de enfermedades, lo cual la justifica plenamente (Bondad-Reantaso *et al.* 2012). La inversión asociada a la bioseguridad debe ser añadida como

una entrada necesaria en toda función de producción camaronera (Brun *et al.* 2009). De acuerdo a Alday-Sanz (2019), implementar medidas eficientes de bioseguridad apenas incrementa los costos en 0,093\$/Kg.

Estado actual de la camaronicultura en materia de patología y bioseguridad

La Organización Mundial de Sanidad Animal, más ampliamente conocida por el acrónimo de su predecesora OIE, define un listado de enfermedades animales de obligatoria notificación que constituye una referencia global, de acuerdo a criterios epidemiológicos, ecológicos, económicos y/o de salud pública (WOAH 2010). La autoridad sanitaria de los países signatarios de la OIE debe informar sobre la presencia en su territorio de cualquiera de estos trastornos patológicos, tanto de manera inmediata a su aparición, como regularmente de su evolución. Adicionalmente, el comercio internacional de camarones está teóricamente restringido por esta lista, ya que se realizan pruebas para estos patógenos de manera previa a cualquier movimiento transfronterizo de animales. Esta lista es dinámica, actualizándose periódicamente para excluir las que ya no constituyen preocupación mayor y/o incluir amenazas emergentes. Para camarones penaeidos, las enfermedades actualmente listadas por la OIE (2019) son siete:

- Enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND).
- Infección por el virus de la cabeza amarilla genotipo 1 (YHV).
- Infección por el virus de la mionecrosis infecciosa (IMNV).
- Infección por el virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV).
- Infección por el virus del síndrome de las manchas blancas (WSSV).
- Infección por el virus del síndrome de Taura (TSV).
- Infección por *Hepatobacter penaei* (Hepatopancreatitis necrotizante o NHP)

Aunque es de suma importancia la priorización de algunas enfermedades por todo lo referido, un manejo integral de la bioseguridad implica pasar de un enfoque centrado en las restricciones comerciales por uno centrado en las amenazas a la producción (Stentiford *et al.* 2019).

Paradigmas relevantes en materia de patología y bioseguridad

Por paradigmas relevantes se hace referencia a los criterios que sirven de fundamento a la bioseguridad en el cultivo de camarones, el espíritu detrás de las prácticas orientadas a prevenir el ingreso y dispersión de patógenos en las instalaciones productivas. Desde el surgimiento del concepto, dichos criterios se han venido multiplicando, diversificando, evolucionando. A continuación, se refieren los principales tópicos contemplados:

Algunos paradigmas conocidos, no necesariamente asumidos

Definición de condición sanitaria: Una unidad productiva o compartimento exige un manejo diferencial si está libre de patógenos o si alguno ha sido detectado. Más allá de no tener reportes de brotes de enfermedades en una zona, es imperativo que los gerentes de granjas conozcan, de manera detallada y fidedigna, la condición sanitaria de los camarones que crían. Más allá, los directores gremiales y autoridades sanitarias también deben estar al tanto del estado de salud de todos los elementos que integran los compartimentos que coordinan. Ello impone la realización de pruebas diagnósticas durante cada ciclo de cultivo. A pesar de su reconocimiento, no es una práctica universal en todo entorno camaronero.

La aparición de signos clínicos de enfermedades o la ocurrencia de mortandades se perciben tardíamente en operaciones de cultivo, por lo cual no es prudente esperarlos para actuar (Fig. 3). Lo conveniente es estar

atento al comportamiento y desempeño productivo de los camarones y aplicar planes de vigilancia sanitaria que mantengan adecuadamente informados a quienes toman las decisiones, permitiendo respuestas tempranas a cualquier eventualidad.



Figura 3 Vinculación entre desempeño y enfermedad (modificado de Lavilla-Pitogo, 2017b)

Formulación de planes de bioseguridad: El mantenimiento de un estatus libre de patógenos de una zona camaronera determinada, o la paulatina recuperación de un área afectada por una enfermedad, no se producirá por acciones azarosas de los miembros del sector. Sólo un plan minuciosamente concebido, idealmente bajo un esquema estratégico (análisis FODA, objetivos, metas, estrategias, líneas de acción), puede orientar apropiadamente al sector acuicultor hacia el destino deseado. La elaboración de un plan debe concebirse con un enfoque amplio, involucrando múltiples actores, con varios plazos y escenarios (Chávez Sánchez e Higuera Ciapara 2003). Mohan *et al.* (2008) indican que un plan de bioseguridad deberá incorporar estos principios básicos:

- Identificación de las rutas de entrada de patógenos.
- Cuarentena y vigilancia de los hospederos potenciales introducidos al área.
- Desinfección en puntos críticos definidos.
- Identificación de los factores de riesgo para la ocurrencia de brotes de enfermedades.

Igualmente, su aplicación contempla diferentes niveles (granja, zona, estado, región, país), considerando las particularidades de cada caso, dado su carácter de responsabilidad compartida. Tomando como referencia el plan de emergencia veterinaria acuática de Australia (AQUAVETPLAN), Håstein *et al.* (2008) incluyen entre los rangos de beneficios de un plan de bioseguridad los siguientes:

- Identificación específica de los recursos requeridos para manejar la emergencia.
- Asignación más efectiva de recursos a áreas prioritarias.
- Mayor preparación de parte de los actores involucrados.
- Expectativas más realistas sobre las respuestas a ejecutar.
- Reducción de conflicto y mejor comunicación entre los actores involucrados.

Utilización de cepas SPF: Alday-Sanz (2019) refiere que la transmisión vertical de patógenos tiene mucho mayor impacto que la horizontal en la ocurrencia de enfermedades. Las líneas de camarones libres de patógenos específicos deben dejar de ser vistas como una opción o un capricho elitista, para convertirse en una práctica obligatoria de la industria. La expansión de la producción camaronera mundial en las últimas dos décadas ha estado basada, al menos parcialmente, en la adopción de cepas SPF de *P. vannamei* (Wyban 2007). Tradicionalmente, los propios camarones son los principales responsables de los brotes

patológicos conocidos (KSA 2015, Brenta 2017), por lo cual es imprescindible esta medida para minimizar las probabilidades de ocurrencia de eventos desafortunados. Dada las limitadas fuentes de suministro de camarones de estas características, es menester impulsar el establecimiento de programas que los suplan en toda región productora, incluyendo selección y adecuación del sitio (condiciones de cuarentena), escogencia de candidatos, aplicación de pruebas diagnósticas, reproducción, desarrollo larval y levantamiento. Por otra parte, Newman (2019a) señala que la condición SPF ostentada por algunos vendedores de padrotes, al estar basada en muestreos poblacionales y no individuales, es estadísticamente débil, recalcando la necesidad de hacer determinaciones particularizadas.

Alday-Sanz *et al.* (2018) refieren entre los beneficios del uso de cepas SPF:

- La reducción en la introducción de patógenos y expresión de enfermedades en instalaciones productivas, conduciendo a un incremento inmediato y exponencial en el desempeño productivo.
- Constitución de una plataforma idónea para la aplicación de programas de selección genética, derivando en mejoramiento acumulativo de los parámetros de desempeño con cada generación.
- Provisión de modelos experimentales idóneos para pruebas como desafíos patológicos o estudios fisiológicos o nutricionales

Por supuesto, como los mismos autores plantean, el uso de animales SPF por sí solo no es una garantía. De emplearlos en regiones o instalaciones sin la apropiada exclusión de patógenos ocurrirán irremediadamente mortandades masivas de camarón. Por ello, el uso de SPF en un área determinada, debe ser precedido por un estudio minucioso realizado por un equipo técnico idóneo en sanidad acuícola. Una alternativa interesante son las cepas Specific Pathogen Resistant (resistente a patógenos específicos) (SPR), pero aún no están disponibles masivamente para las principales amenazas biológicas.

Fortalecimiento de capacidades diagnósticas: Bondad-Reantaso *et al.* (2001), tomando en consideración las técnicas aplicadas y el entorno de implementación, definían tres niveles de diagnóstico:

- Nivel I: constituido por el levantamiento de signos clínicos efectuado en campo. Estas observaciones pueden considerarse como orientativas para el diagnóstico.
- Nivel II: incluye la participación de personal altamente entrenado en parasitología, histopatología, bacteriología y/o micología y los dispositivos e instalaciones inherentes. Mayormente, se le considera como diagnóstico presuntivo, esperando la confirmación de otras pruebas.
- Nivel III: comprende medios diagnósticos avanzados y costosos, asociados a biología molecular e inmunología, mayormente ejecutados en laboratorios especializados. Suele considerarse el diagnóstico definitivo.

Cada nivel tiene su utilidad, conviniendo que se fortalezcan en la medida de lo posible. Particularmente, el nivel I suele menospreciarse por no ofrecer respuestas contundentes. No obstante, su aplicación es vital para lograr respuestas rápidas y contener brotes antes que alcancen proporciones epizoóticas.

Las pruebas diagnósticas de nivel III son las más aceptadas para la detección o descarte de los principales trastornos patológicos. No obstante, en algunos casos, las pruebas de nivel II pueden tener carácter definitivo, como histopatología y bacteriología en la enfermedad de las manchas blancas y la necrosis séptica del hepatopáncreas, respectivamente. Sin embargo, no se deben excluir los otros medios, entendiéndose el diagnóstico como un pronunciamiento sobre la condición sanitaria de un organismo o lote con base en una suma de observaciones; mientras más observaciones, mejor. Stentiford *et al.* (2019) recuerdan que se ha enfatizado la vigilancia y erradicación de algunas pocas enfermedades específicas, pero se ha hecho poco esfuerzo en el manejo de la vasta diversidad de enfermedades que pueden impactar -y de hecho lo hacen- la producción.

Aunque existen laboratorios muy calificados para el diagnóstico de trastornos patológicos de camarón en varias partes del mundo, así como mecanismos logísticos que permiten valerse de tales servicios, lo estratégico del diagnóstico exige que se desarrolle tal capacidad *in situ*. Esta sugerencia pudiera ser aplicada por los grandes productores, más no así por los medianos y pequeños camaroneros. Es muy recomendable la organización de productores para acometer esta función. Adicionalmente, el volumen de los servicios requeridos para un monitoreo apropiado de la condición sanitaria brinda justificación económica a esta iniciativa. Un camino lógico para lograr esta meta es el involucramiento de sectores académicos, creando centros diagnósticos y vinculando y/o fortaleciendo los existentes.

De la misma manera, deben fortalecerse los centros educativos con orientación a la patobiología y bioseguridad en camaronicultura, para disponer de más profesionales que brinden este importante servicio.

Otra estrategia importante es la utilización de pruebas rápidas (kits) de diagnóstico. Como señalan Seiber y Pinto (2012), estos dispositivos ofrecen, de manera rápida y simple, oportuna respuesta en el establecimiento de la condición sanitaria de los animales. Son especialmente útiles cuando no hay laboratorios diagnósticos cercanos (requiriéndose envío de muestras) y/o existen largas listas de espera que pudieran postergar la toma de decisiones.

Incorporación de análisis de riesgos: Los organismos acuáticos tienen un riesgo constante de exposición a patógenos, probablemente mayor que los terrestres (Stentiford *et al.* 2019). Es imprescindible que todo sector camaronero se examine a profundidad para detectar todos los riesgos o posibles puntos críticos que podrían conllevar a la ocurrencia de brotes patológicos, como tempranamente lo refirieron Mohan *et al.* (2008). Brenta (2017) enuncia que muchos productores adoptan la estrategia “casino”, lo cual puede entenderse como arriesgar mucho para ganar mucho. De manera precisa, se requiere la identificación, evaluación, manejo y comunicación adecuada de riesgos dentro del entorno (Bondad-Reantaso y Arthur 2008). Esta evaluación se integra necesariamente con la zonificación planteada. Nowak (2004) propone que dicho análisis de riesgos se base en la aplicación de una matriz que contraste la probabilidad de entrada, establecimiento y dispersión de un patógeno con las consecuencias de los mismos, lo cual permitiría valorar cada elemento de riesgo encontrado, facilitando su posterior priorización y gestión (Fig. 4).

		Consecuencias de entrada, establecimiento y dispersión					
		Insignific.	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
Probabilidad de entrada, establecimiento y dispersión	Extremo	Insignific.	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
	Alto	Insignific.	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
	Moderado	Insignific.	Insignific.	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto
	Bajo	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Muy Bajo	Bajo	Moderado
	Muy Bajo	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Muy Bajo	Bajo
	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Insignific.	Muy Bajo

Figura 4 Matriz de estimación de riesgo general (según Nowak, 2004).

Control de ingreso al establecimiento acuícola: La entrada de vehículos y/o personas al centro acuícola constituye un riesgo sanitario importante. Gandolas de alimento, cavas de hielo, por citar sólo algunos ejemplos, son elementos que pueden tener acceso a diferentes centros de camaronicultura en un tiempo corto, llevando consigo una carga microbiana indeseada. Es menester reducir el número de accesos y ejercer un control estricto sobre su movilización, incorporando rotaluvios, pediluvios y lavamanos en puntos estratégicos (Dvorak y Eia 2011).

Protocolización de buenas prácticas: Las Buenas Prácticas Acuícolas (BAP por sus siglas en inglés) son consideradas la mejor respuesta a muchos de los grandes retos (enfermedades, productividad, degradación ambiental, inocuidad) que enfrenta la camaronicultura (Corsin *et al.* 2005). La elaboración de manuales que recopilen integralmente y de manera detallada, las operaciones que se realizan en todas las áreas productivas, es una práctica ampliamente recomendada para los proyectos camaroneros. La definición previa de los procedimientos aceptados para ejecutar cualquier actividad, resta margen a la improvisación, reduciendo así riesgos. Aunque hay muchos modelos útiles desarrollados (CESASIN, 2003, Boyd *et al.* 2005, FAO *et al.* 2005, Cuéllar-Anjel *et al.* 2010, 2014, entre otros), es imprescindible la generación de protocolos propios, que se adapten a las particularidades de cada unidad productiva camaronera, especialmente al manejo de cada equipo técnico. Un aspecto particularmente importante a desarrollar, más allá de la descripción de las operaciones productivas, es la consideración de las movilizaciones en las instalaciones, incorporando criterios de zonas “limpias” y “sucias” en base a su nivel de bioseguridad (FAO 2003).

Restricción de fauna incidental: El agua que ingresa a un recinto de cultivo suele venir acompañada de comunidades variadas ricas en crustáceos. Su presencia suele tomarse como buen augurio porque indica el potencial del medio para favorecer el crecimiento de la especie objetivo. No obstante, es bien sabido el potencial que tienen muchos organismos acuáticos, particularmente otros crustáceos, como reservorios de patógenos para el camarón. El WSSV, por citar un ejemplo, es capaz de infectar al menos 90 especies de crustáceos diferentes (Hasson y Varner 2008). En otro caso, la gregarinosis intestinal suele servirse de moluscos bivalvos y/o poliquetos como hospederos intermediarios para alcanzar sus hospedadores definitivos, los camarones (Johnson 1995, Cuéllar-Anjel 2014).

En consecuencia, es imprescindible una rigurosa exclusión de todo organismo acuático indeseado del sistema de cultivo, para minimizar así la carga patogénica y las manifestaciones clínicas consecuentes. Sin embargo, esta norma es particularmente vulnerable debido a la logística de las operaciones y los tiempos de llenado de las piscinas, así como al aprovechamiento que los operarios de las granjas suelen hacer de estos recursos, exigiendo una muy cercana supervisión.

Otros elementos de fauna silvestre, como las aves, pueden tener un rol significativo en la transmisión de enfermedades, transportando los agentes etiológicos en sus cuerpos, liberando fragmentos de hospederos afectados o expulsando heces entre distintos lugares (Dvorak y Eia 2011). Deben considerarse mecanismos de exclusión eficientes y amigables con el ambiente (Cuéllar-Anjel *et al.* 2010).

Algunos paradigmas menos conocidos

Elevación de nivel de acción: Si algo debería haber quedado claro para los miembros de cualquier sector camaronero, es lo ilusorio del esfuerzo individual para enfrentar eventos de carácter general. Ningún protocolo de bioseguridad podrá proteger una granja si la vecina está siendo afectada por eventos patológicos. La bioseguridad con un enfoque personal es importante y debe mantenerse, pero lo trascendental es consolidarla a niveles superiores (Galli *et al.* 2016). La integración de esfuerzos por zonas productivas y la constitución de entes tripartitos con rol conductor y vinculante en materia de bioseguridad, serían medidas muy recomendables en toda región camaronera. La organización del sector, incluyendo productores, académicos y entes gubernamentales es imperativa para evitar el deterioro del estatus sanitario de los compartimentos involucrados. Idealmente, un ente coordinador debiera crearse con el fin último de asegurar la gestión sanitaria más adecuada posible. A una escala más elevada, el rol de entes multilaterales, como la OIE y la OMC, debe trascender, interactuando más activamente con las autoridades nacionales (sanitarias, fiscales, comerciales, etc.) en la consecución efectiva de sus respectivos objetivos.

A manera de ejemplo, se ha demostrado el potencial como vectores de patógenos que tienen los productos procesados que pueden conseguirse en el mercado a nivel de consumidor (Hasson *et al.* 2006). La regulación de la comercialización de productos pesqueros escapa de las posibilidades de cualquier productor camaronero. No obstante, la gestión por asociaciones o cámaras permitiría influir en los entes gubernamentales que definen esas normativas. De esa manera, deben manejarse diversas amenazas

(pesquerías, comercio ornamental, etc.).

Mapeo sanitario: Los resultados de las pruebas diagnósticas realizadas, atendiendo a las diferentes condiciones sanitarias observadas, deberían ser plasmados en un mapa. Ello servirá para zonificar los compartimentos, definir los flujos entre las zonas, organizar las actividades según los distintos requerimientos (prevenir, atenuar, controlar o erradicar), enfatizando los esfuerzos de vigilancia (Galli *et al.* 2016). Con base en lo plasmado, pueden certificarse zonas libres de patógenos, lo cual brindaría confianza para unas relaciones comerciales seguras (Håstein *et al.* 2008). La información diagnóstica asociada a la evaluación, debe manejarse con mucha discreción por el ente director de la región en materia sanitaria, para evitar perjuicios comerciales innecesarios a los participantes.

Zepeda *et al.* (2008) discuten sobre los términos de zonificación y compartimentación, concluyendo en la mayor bondad del segundo por el control sanitario que implica, aunque reconociendo la dificultad de su aplicación en acuicultura. La compartimentación asume un estatus sanitario uniforme en todos los miembros del compartimento, facilitando un flujo regular de elementos entre todos los participantes. En tal sentido, la certificación de un compartimento dado como libre de patógenos conlleva bondades comerciales significativas. Para avanzar en este propósito, las unidades operativas deberían aplicar (o migrar hacia) sistemas cerrados o semi-cerrados, bajo el control y observación de las autoridades competentes.

Formulación de planes de contingencia y simulacros: Normalmente se reacciona ante un brote de manera azarosa, realizando pruebas diagnósticas y cosechas de emergencia. No obstante, lo más lógico es tener preparado de antemano un plan racional que reúna las acciones a tomar ante diversos escenarios patológicos concebidos, partiendo del análisis de puntos críticos (Håstein *et al.* 2008). Este tipo de ejercicios ofrecen muchos beneficios como mejoramiento de la coordinación inter-jurisdiccional, comunicación, instrumentación legal, asignación de roles y capacitación técnica del equipo humano (Deveney y Scott 2008). Ello aseguraría una mejor respuesta por parte de los participantes ante un hipotético evento, conllevando a menores pérdidas. Este paradigma también fue sugerido por Cuéllar-Anjel *et al.* (2010, 2014) y Galli *et al.* (2016), conociéndose pocos ejemplos de su implementación a niveles de una región o compartimento completo. En el mismo sentido, un plan de contingencia debe ser puesto a prueba para determinar sus bondades. Periódicamente debe repetirse para ir mejorando las respuestas, hasta alcanzar la madurez de los miembros del sector con relación a la atención a una emergencia. Navarro *et al.* (2013) prepararon un completo manual de procedimientos de emergencia, el cual, aunque concebido para atender la epizootia de AHPND, bien podría orientarse a cualquier enfermedad.

Implementación de programas de compensación: Un mecanismo exitoso para que los productores compartan información sanitaria y participen en planes de bioseguridad, podría ser la creación de programas de compensación de pérdidas por la ocurrencia de brotes patológicos. Ello ha funcionado apropiadamente con la aparición de diversas enfermedades en cultivo de salmón y carpa en países europeos y EE.UU. (Håstein *et al.* 2008). Estos autores señalan que la compensación suele funcionar como un incentivo para que los participantes reporten más temprano cualquier sospecha de enfermedades y sean más colaboradores con las autoridades sanitarias en ocasión de un evento. La implementación de programas de indemnización, por iniciativa de gremios productivos y entes gubernamentales, obraría a favor de una camaronicultura sostenible y responsable.

Elevación del nivel de conocimiento sobre bioseguridad: Todos los miembros del sector camaronero deben manejar, al menos, un nivel de conocimiento básico sobre patobiología de camarones. Hasta la fecha, tal información ha sido manejada casi de manera exclusiva por los sectores gerenciales superiores e intermedios. No obstante, son precisamente los bajos niveles organizacionales los que lidian más de cerca con los riesgos a la bioseguridad y un mejor cumplimiento de sus roles pasa por entender sobre la naturaleza de las enfermedades. Es preciso concebir y aplicar mecanismos de divulgación a todo nivel en patología de camarones y, sobre todo, en conceptos de bioseguridad. La capacitación permanente del personal de campo, técnico y administrativo sobre enfermedades de camarones, medidas de control y estrategias de seguridad, permitirá ir un paso delante de los trastornos patológicos, haciendo que los involucrados en la producción detecten e informen oportunamente sobre casos de enfermedad y/o

mortalidad, permitiendo así la toma de decisiones para minimizar el impacto del brote de una enfermedad, mediante ajustes en el manejo del cultivo, tratamientos específicos o cosechas de emergencia, con lo que se reducen las pérdidas económicas por causa de agentes infecciosos en los camarones. De la misma manera, en todas las zonas críticas debe haber avisos con las recomendaciones del caso y las prohibiciones expresas, que indiquen los riesgos implícitos.

Revisión de alimentación fresca: El suministro de productos frescos sigue siendo una práctica generalizada en instalaciones de reproducción y, en menor medida, en otras fases del ciclo de cultivo del camarón. Esto se explica por la buena aceptación de tales productos entre los camarones, así como a los excelentes desempeños productivos que suelen conferir. No obstante, sus implicaciones sanitarias son tan graves que es imprescindible sopesar los riesgos con los beneficios. De considerarlo imprescindible, deben tomarse en cuenta todas las implicaciones sobre su origen y procesamiento. Es un hecho que numerosos brotes patogénicos en camarones cultivados han sido causados por alimentos frescos (Hasson *et al.* 2006). El empleo de alimentos balanceados específicamente formulados para maduración de camarones, reduciría significativamente los riesgos, aunque pueda impactar el rendimiento reproductivo de los padrotes. Otra alternativa viable es la irradiación de los productos frescos para minimizar la carga microbiana (con rayos gamma, por ejemplo), ya asumida por algunos proveedores de alimentos.

Mayor control del entorno: Como señala Newman (2019a), la consecución de altos niveles de bioseguridad, permite que los camarones se expongan menos a ambientes no controlados. El cultivo en grandes extensiones al aire libre irá cediendo terreno a una camaronicultura más regulada, con condiciones más bioseguras como piscinas cubiertas, con sistemas de recirculación de agua, con restricción de acceso a posibles vectores de patógenos. Ello va de la mano con la tendencia hacia la intensificación, dado que tales adecuaciones implican costos. Aunque inicialmente se orientaba a buscar las mayores productividades, la intensificación está llamada a permitir los niveles necesarios de control del entorno para asegurar producciones libres de eventos patológicos.

Apropiada disposición de residuos orgánicos: El Código Acuático (WOAH 2010) define claramente que todos los animales afectados por una enfermedad o aquellos sospechosos de exposición, deberán ser sacrificados y retirados apropiadamente del entorno, bien por incineración, entierro o algún otro mecanismo efectivo. Esta medida debería ser aplicada a todos los residuos orgánicos provenientes de un recinto de cultivo (camarones muertos, exuvias, restos de alimento), aunque no haya ocurrido un nivel de amenaza que haga sospechar la ocurrencia de enfermedades. Poco interés se le suele conceder a las pequeñas pérdidas diarias; no obstante, éstas podrían ser responsables de mermas importantes por su carácter crónico o constituir un brote de un trastorno patológico severo en su fase inicial. El transporte de los restos orgánicos debería cuidarse mucho por los riesgos de dispersión del patógeno que conlleva, considerando de antemano las rutas a seguir y los implementos a utilizar (Georgiades *et al.* 2016).

Manipulación de comunidades microbianas: Conceptos como probióticos y prebióticos están en la palestra del sector camaronero. Aunque han surgido como una herramienta para apuntalar las producciones, los probióticos básicamente tienen como principio favorecer el establecimiento de microorganismos benignos, que confieran ventajas al cultivo, como suministro de factores nutricionales e inmunológicos, bioremediación del agua y/o suelos y control de patógenos, como *Vibrio* spp. (Standen 2018). Estos sistemas, al evitar el establecimiento y proliferación de bacterias perjudiciales, constituyen también medidas de bioseguridad. Los prebióticos serían aquellos productos que favorecen la proliferación y acción de los probióticos. En el mercado existen diversos productos comerciales con estos perfiles, con resultados variables en campo, aunque probablemente más vinculados a las formas de aplicación que a las calidades de los productos en sí mismas. Kawahigashi (2018) integra ambos elementos en los sistemas simbióticos, los cuales define como herramientas para estabilizar rápidamente el agua y suelo de las piscinas. Los resultados exitosos que se han logrado auguran la dispersión de esta tecnología.

Los sistemas de biofloc, emparentados con lo anterior, también han ganado adeptos entre los camaroneros, por basarse en medios recirculantes y autonitrificantes (Taw 2014). A manera discriminativa, en el biofloc se procesan pellets fecales, mudas y restos de organismos, mientras se estimulan en conjunto

diatomeas, macroalgas, protozoarios, copépodos y bacterias, los cuales suelen integrar macroagregados (flóculos), que pueden contribuir en mucho a la alimentación del camarón.

Newman (2017, 2019b) alerta sobre la existencia de muchas ideas mal concebidas sobre los microorganismos, necesiéndose mucha investigación para entender la complejidad de los microbiomas.

Fomento de investigación aplicada: Es vital el involucramiento de los sectores académico, público y privado para atender los requerimientos de la esfera productiva. Debe incrementarse la interacción y formularse líneas de investigación que respondan a las necesidades reales en materia de bioseguridad, para lo cual debería crearse un fondo. Entre ellas pudieran citarse:

- Desarrollo y generalización de pruebas diagnósticas multiespecíficas: los métodos tradicionales, dado su carácter monoespecífico, exigen laboriosidad, mucho tiempo y son costosos. Adams y Thompson (2008) refieren de varias técnicas diagnósticas nuevas en desarrollo, como las técnicas Multiplex que facilitan el trabajo por determinar varios patógenos a partir de una única muestra y de una sola reacción de PCR. Más recientemente, Sellars (2019) refiere la existencia de nuevas plataformas de análisis (Shrimp Multipath), capaces de detectar 13 patógenos diferentes a partir de una única muestra y de una sola reacción de PCR. Newman (2019a) indica que los programas de levantamiento de camarones SPF podrían beneficiarse mucho de las pruebas diagnósticas multiespecíficas, permitiendo pasar del monitoreo estadístico de la población al individual, elevando así el nivel de confianza de los productos que ofrecen.
- Mejoramiento y expansión de pruebas rápidas (kits) de diagnóstico en campo, como ya sugirieran Seiber y Pinto (2012), validadas por la OIE, como recomiendan Lightner y Redman (2012). Más instrumentos de este tipo permitirían mejores rutinas de vigilancia epidemiológica.
- Estudio detallado de los mecanismos inmunitarios de los camarones penaeidos. Por ejemplo, Granja *et al.* (2003) encontraron una correlación positiva entre la temperatura y el número de células apoptóticas, lo cual podría constituir una herramienta valiosísima para el control de enfermedades microbianas.
- Mejoramiento de herramientas terapéuticas e inmunoestimulantes para camarones. El tamaño relativamente pequeño del mercado camaronicultor ha establecido que pocas empresas hayan hecho esfuerzos para el desarrollo de nuevos terapéuticos (Bondad-Reantaso *et al.* 2012), aunque su tendencia al crecimiento se espera que cambie dicho paradigma. Este tópico se beneficiaría mucho de estudios genómicos (Newman 2019b, Stentiford *et al.* 2019). Recientemente, está cobrando interés el empleo en camaronicultura de determinadas combinaciones de ácidos orgánicos, particularmente los de cadena corta, por sus propiedades bactericidas (Rodríguez 2019).
- Comprensión y manipulación de los patobiomas para las diversas condiciones de cultivo de los camarones penaeidos. Como ya adelantaron Stentiford *et al.* (2019), se imponen cambios de visión de patógenos específicos como los grandes causantes de pérdidas para la producción hacia una concepción de patobioma, donde se reconozcan y entiendan las interacciones que diversos agentes patógenos pudieran desarrollar entre sí y con su hospedero.

CONCLUSIONES

El mantenimiento de instalaciones camaroneras bioseguras es una tarea muy compleja, dada la multiplicidad de agentes patógenos conocidos que las amenazan, la constante aparición de nuevos y los riesgos que los involucran. Contempla desde el diseño de las instalaciones productivas, hasta abarcar numerosas prácticas y principios integrados en la totalidad de las operaciones del cultivo de camarón. Al no ser una actividad sencilla, exige de todos los involucrados un compromiso sincero y completo, sin medias tintas.

Algunos aspectos de la bioseguridad son ampliamente conocidos por los productores, aunque su implementación no necesariamente es asumida. Entre ellos se destacan la determinación precisa de la condición sanitaria de unidades productivas y compartimentos, la formulación de planes de bioseguridad, la utilización de cepas certificadas (SPF o SPR), el fortalecimiento de capacidades diagnósticas, la incorporación de análisis de riesgo, el control de ingreso al establecimiento acuícola, protocolización de buenas prácticas y la restricción de fauna incidental.

Otros paradigmas de la bioseguridad son menos populares entre los miembros del sector camaronero, como es el caso de la elevación del nivel de acción, el mapeo sanitario, la formulación de planes de contingencia y simulacros, la implementación de programas de compensación, el acrecentamiento del nivel de conocimiento sobre bioseguridad, la revisión de la alimentación fresca, un mayor control del entorno, la apropiada disposición de residuos orgánicos, la manipulación de comunidades microbianas y el fomento de investigación aplicada.

La camaronicultura actual, y con más razón la futura, no puede concebirse sin asumir la bioseguridad como principio rector. De lejos, las enfermedades constituyen la principal amenaza para el crecimiento del sector, causando pérdidas cuantiosas. Es urgente que todos los actores de cada zona camaronera, independientemente de sus roles, se aboquen a incrementar los niveles de bioseguridad donde les compete.

REFERENCIAS

- Adams A., Thompson K.D. (2008). Recent applications of biotechnology to novel diagnostics for aquatic animals. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 27:197–209.
- Alday-Sanz V. (2018). Aquaculture biosecurity in the Kingdom of Saudi Arabia - A public private partnership success story. In: Stakeholder Consultation on Progressive Management Pathway (PMP) to Improve Aquaculture Biosecurity. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Mississippi State University & The World Bank, Washington, EE.UU. (Julio 2018).
- Alday-Sanz V. (2019). Aquaculture biosecurity seen from the ground. In: OIE Global Conference on Aquatic Animal Health. World Organisation for Animal Health, Santiago, Chile (Abril 2019).
- Alday-Sanz V., Brock J., Flegel T.W., McIntosh R.P., Bondad-Reantaso M.G., Salazar M., Subasinghe R.P. (2018). Facts, truths and myths about SPF shrimp in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1–9, DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12305>.
- Anderson J.L., Valderrama D., Jory D. (2017). Shrimp Production Review. In: Global Outlook for Aquaculture Leadership. Dublin, Irlanda.
- Arce S.M., Moss S.M., Lightner D.V. (2011). Biosecurity principles for sustainable production using SPF shrimps. *Global Aquaculture Advocate*, 14:14–16.
- Baticados M.C.L., Cruz-Lacierda E.R., de la Cruz M., Duremdez-Fernandez R.C., Gacutan R.Q., Lavilla-Pitogo C.R., Lio-Po G.D. (1990). Diseases of penaeid shrimps in the Philippines. Aquaculture Extension Manual No 16. Southeast Asian Fisheries Development Center. Iloilo, Philippines.
- Benítez García J.L. (2018). Importancia de la bioseguridad en granjas de camarón. In: 3° Congreso Internacional de Acuicultura. Veracruz, México (Noviembre 2018).
- Bondad-Reantaso M.G., Arthur J.R. (2008). Pathogen risk analysis for aquaculture production. In: Bondad-Reantaso M.G., Arthur J.R. (eds) Understanding and applying risk analysis in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper N° 519. Roma, Italia, pp 27–46.

- Bondad-Reantaso M.G., Arthur J.R., Subasinghe R.P. (2012). Improving biosecurity through prudent and responsible use of veterinary medicines in aquatic food production. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 547. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Bondad-Reantaso M.G., McGladdery S.E., East I., Subasinghe R.P. (2001). Asia Diagnostic Guide to Aquatic Animal Diseases / FAO-FTP-402/2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- Bondad-Reantaso M.G., Subasinghe R.P., Arthur J.R., Ogawa K., Chinabut S., Adlard R., Tan Z., Shariff M. (2005). Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary Parasitology*, 132:249–272, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.07.005>.
- Boyd C.E., Kwei Lin C., Pantoja C.R., Lightner D.V., Brock J.A., Johnson K., Treece G.D. (2005). Buenas prácticas de manejo para el cultivo de camarón. The David and Lucile Packard Foundation - USAID, Hilo, Hawaii, U.S.A.
- Brenta F. (2017). Biosecurity in shrimp farming: Practical biosecurity risk management measures. In: XIX Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Cámara Nacional de Acuicultura, Libertad, Ecuador (Octubre 2017).
- Brun E., Rodgers C., Georgiadis M., Bjorndal T. (2009). Economic impact of disease and biosecurity measures. In: International Biosecurity Conference. Trondheim, Norway (Agosto 2009).
- CEA. (2018). Shrimp aquaculture landscape. California Environmental Associates. California, EE.UU. 59 pp.
- CESASIN. (2003). Técnicas de bacteriología, análisis en fresco, calidad de agua y buenas prácticas de manejo y bioseguridad en granjas camaroneras. Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, Mazatlán, México.
- Chamberlain G.W. (2011). History of shrimp farming summarized from The Shrimp Book. *Global Aquaculture Advocate*, 14:29–31.
- Chávez Sánchez M.C., Higuera Ciapara I. (2003). Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria, 1ra ed. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo - Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Mazatlán, México.
- Conroy D.A., Conroy G. (1990). Manual de patología de los camarones peneidos, 2da ed. Editorial Rivero, Maracay, Venezuela.
- Corsin F., Mohan C.V., Padiyar A., Yamamoto K., Chanratchakool P. (2005). Codes of practice and better management: a solution for shrimp health management? In: Bondad-Reantaso M.G., Mohan C.V., Crumlish M., Subasinghe R.P. (eds). Diseases in Asian Aquaculture VI. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Filipinas.
- Couch J.A. (1978). Diseases, parasites, and toxic responses of commercial penaeid shrimps of the Gulf of Mexico and South Atlantic coasts of North America. *Fishery Bulletin*, 76:1–44.

- Cowley J.A., Mcculloch R.J., Spann K.M., Cadogan L.C., Walker P.J. (2005). Preliminary molecular and biological characterisation of Mourilyan virus (MoV): A new bunya-related virus of penaeid prawns. In: Walker P.J., Lester R.G., Bondad-Reantaso M.G. (eds) Diseases in Asian Aquaculture V. Proceedings of the 5th Symposium on Diseases in Asian Aquaculture. Manila, Filipinas, pp: 113–124.
- Cuéllar-Anjel J. (2014). Parásitos en camarones. In: Morales V., Cuéllar-Anjel J. (eds) Patología e inmunología de camarones penaeidos, 2da edn. OIRSA, Panamá, pp: 197–222.
- Cuéllar-Anjel J., Lara C., Morales V., De Gracia A., García Suárez O. (2010). Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. OIRSA-OSPESCA, Panamá.
- Cuéllar-Anjel J., Morales V., Lara C., García O. (2014). Buenas prácticas y bioseguridad para el cultivo del camarón blanco *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* (Boone, 1931). In: Morales V., Cuéllar-Anjel J. (eds) Patología e inmunología de camarones penaeidos. Organismo Regional Internacional de Sanidad Agropecuaria, Panamá, pp: 331–360.
- Davies R. (2016). Disease has cost Asia shrimp sector over \$20bn. In: Undercurrent News. <https://www.undercurrentnews.com/2016/09/09/disease-has-cost-asia-shrimp-sector-over-20bn/>. Accessed 22 Aug 2019.
- Deveney M.R., Scott K.J. (2008). Simulated aquatic animal disease outbreaks: a tool for improving responses to emergencies. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 27(1):147–159.
- Dhar A.K. (2018). Biosecurity & health in US indoor shrimp farming. In: 2018 KSU Shrimp Workshop.
- Dvorak G. (2009). Biosecurity for aquaculture facilities in the North Central Region. Fact Sheet Series # 115. North Central Regional Aquaculture Center – United States Department of Agriculture.
- Dvorak G., Eia C. (2011). Bioseguridad y prevención de enfermedades en la acuicultura. Programa Nacional de Acreditación Veterinaria: Módulo 15. Iowa State University - United States Department of Agriculture. Riverdale, Md, EEUU.
- Dyková I., Lom J., Fajer E.J. (1988). A new haplosporean infecting the hepatopancreas in the penaeid shrimp, *Penaeus vannamei*. *Journal of Fish Diseases*, 11:15–22.
- FAO. (2003). Health management and biosecurity maintenance in white shrimp (*Penaeus vannamei*) hatcheries in Latin America (FAO FTP-450). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- FAO. (2007). Instrumentos de la FAO sobre la bioseguridad. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- FAO, NACA, UNEP, WB, WWF. (2006). International Principles for Responsible Shrimp Farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, United Nations Environmental Programme, World Bank Group y World Wildlife Fund. Bangkok, Tailandia.

- Farzanfar A. (2006). The use of probiotics in shrimp aquaculture. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 48:149–158, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.2006.00116.x>.
- Flegel T.W. (2019). A future vision for disease control in shrimp aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1–18, DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12589>.
- Flegel T.W., Lightner D.V., Lo C.F., Owens L. (2008). Shrimp disease control: Past, present and future. In: Bondad-Reantaso M.G., Mohan C.V., Crumlish M., Subasinghe R.P. (eds) Diseases in asian aquaculture VI. Fish Health Section, Asian Fisheries Society. Manila, Filipinas, pp: 355–378.
- Fraser C.A., Owens L. (1996). Spawner-isolated mortality virus from Australian *Penaeus monodon*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 27:141–148.
- Galli L., Griffiths D., Jiravanichpaisal P., Wattanapongchart N., Wongsrirattanakul O., Shinn A. (2016). Bioseguridad en la industria acuícola. *Aqua-Cultura*, 110:26–32.
- Georgiades E., Fraser R., Jones B. (2016). Options to strengthen on-farm biosecurity management for commercial and non-commercial aquaculture. MPI Technical Paper No 2016/47. Ministry of Primary Industries. Wellington, New Zealand.
- Gómez-Gil B., Tron-Mayén L., Roque A., Turnbull J.F., Inglis V., Guerra Flores A.L. (1998). Species of *Vibrio* isolated from hepatopancreas, haemolymph and digestive tract of a population of healthy juvenile *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 163:1–9.
- Granja C.B., Aranguren L.F., Vidal O.M., Aragón L., Salazar M. (2003). Does hyperthermia increase apoptosis in white spot syndrome virus (WSSV)-infected *Litopenaeus vannamei*? *Diseases of Aquatic Organisms*, 54:73–78.
- Han J.E., Kim J.H., Kim K.Y., Lee Y.S. (2019). Detection of an amoebic parasite in cultured Pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate* (june 17).
- Hasson K.W., Fan Y., Reisinger T., Venuti J., Varner P.W. (2006). White-spot syndrome virus (WSSV) introduction into the Gulf of Mexico and Texas freshwater systems through imported, frozen bait-shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 71:91–100.
- Hasson K.W., Lightner D.V., Poulos B.T., Redman R.M., White B.L., Brock J.A., Bonami J.-R. (1995). Taura syndrome in *Penaeus vannamei*: demonstration of a viral etiology. *Diseases of Aquatic Organisms*, 23:115–126.
- Hasson K.W., Varner P.W. (2008). Los Virus. In: Importantes enfermedades infecciosas del camarón cultivado en el hemisferio occidental. Asociación Americana de la Soya. Maracaibo, Zulia, Venezuela.
- Hasson K.W., Wyld E.M., Fan Y., Lingsweiller S.W., Weaver S.J., Cheng J., Varner P.W. (2009). Streptococcosis in farmed *Litopenaeus vannamei*: a new emerging bacterial disease of penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 86:93–106.
- Håstein T., Binde M., Hine M., Johnsen S., Lillehaug A., Olesen N.J., Purvis N., Scarfe A.D., Wright B. (2008). National biosecurity approaches, plans and programmes in response to diseases in farmed

- aquatic animals: evolution, effectiveness and the way forward. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties* 27, 125–145.
- Ifremer (1999). Shrimp aquaculture: characterisation of immune effectors for further application to disease prophylaxis and selection of disease resistant shrimp. *Bulletin Ifremer*, 12:4–6.
- Inouye K., Miwa S., Oseko N., Nakano H., Kimura T., Momoyama K., Hiraoka M. (1994). Mass mortality of cultured kuruma shrimp *Penaeus japonicus* in Japan in 1993: Electron microscopic evidence of the causative virus. *Fish Pathology*, 29:149–158.
- Johnson S.K. (1995). Handbook of Shrimp Diseases. Texas A&M University Sea Grant College Program, the Texas A&M Department of Wildlife and Fisheries Sciences and the Texas Agricultural Extension Service. Texas, EE.UU.
- Jones T.C., Overstreet R.M., Lotz J.M., Frelier P.F. (1994). *Paraophoidina scolecoides* n. sp., a new aseptate gregarine from cultured Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 19:67–75.
- Jory D.E. (2001). Comments on biosecurity and shrimp farming. *Aquaculture Magazine*, 27(4):1-5.
- Jory D.E. (2017a). Cost-effective biosecurity crucial for shrimp farming. Global Aquaculture Advocate (October 16, 2019).
- Jory D.E. (2017b). Estado global, retos y perspectivas de la camaronicultura, in: Aqua Expo 2017. Cámara Nacional de Acuicultura, Guayaquil, Ecuador.
- Kawahigashi D. (2018). Resultados de producción utilizando sistemas simbióticos. In: Aqua Expo El Oro, El Oro, Ecuador (October 2018).
- KSA. (2015). Manual of biosecurity and standard operating procedures for shrimp culture. Ministry of Agriculture, Deputy of Fisheries Resources Affairs, Department of Aquaculture, Biosecurity Division. Kingdom of Saudi Arabia. 54 pp.
- Lavilla-Pitogo C.R. (2017a). Current situation of emerging shrimp diseases in Asia and some recommendations to prevent their arrival and spread. In: Aqua Expo 2017. Cámara Nacional de Acuicultura, Guayaquil, Ecuador (Septiembre 2017).
- Lavilla-Pitogo C.R. (2017b). Pond-side shrimp disease recognition for farm technicians through Level 1 diagnostics. In: Aqua Expo 2017. Cámara Nacional de Acuicultura, Guayaquil, Ecuador (Septiembre 2017).
- Lightner D.V. (1984). A review of the diseases of cultured penaeid shrimps and prawns with emphasis on recent discoveries and developments. In: Proceeding of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps. SEAFDEC Aquaculture Department, Iloilo, Philippines, pp: 79–103.
- Lightner D.V. (1996). A handbook of shrimp pathology and diagnostic procedures for diseases of cultured penaeid shrimp. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EE.UU.

- Lightner D.V. (2003). The penaeid shrimp viral pandemics due to IHHNV, WSSV, TSV and YHV: History in the Americas and current status. In: Walker P.J., Lester R.G., Bondad-Reantaso M.G. (eds) Proceedings of the 32nd Joint US-Japan Cooperative Program in Natural Resources, Aquaculture Panel Symposium, California, EE.UU. (Noviembre 2003).
- Lightner D.V. (2006). Biosecurity in shrimp: pathogen exclusion through use routine surveillance. *Panorama Acuícola Magazine*, Ene-Feb 2016:10–14.
- Lightner D.V. (2011). Status of shrimp diseases and advances in shrimp health management. In: Bondad-Reantaso M.G., Jones J.B., Corsin F., Aoki T. (eds). Diseases in asian aquaculture VII. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Selangor, Malasia, pp: 121–133.
- Lightner D.V., Pantoja C.R. (2001). Bioseguridad en el cultivo de camarones. In: Haws C.M., Boyd C.E. (eds). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. United States Department of Agriculture, Managua, Nicaragua, pp: 123–166.
- Lightner D.V., Pantoja C.R., Poulos B.T., Tang K.F.J., Redman R.M., Andrade T.P., Bonami J.-R. (2004). Infectious myonecrosis: new disease in Pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, 7:85.
- Lightner D.V., Redman R.M. (1981). A baculovirus-caused disease of the penaeid shrimp, *Penaeus monodon*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 38:299–302.
- Lightner D.V., Redman R.M. (1985). A parvo-like virus disease of penaeid shrimp. *Journal of Invertebrate Pathology*, 45:47–53.
- Lightner D.V., Redman R.M. (1998). Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquaculture*, 164:201–220.
- Lightner D.V., Redman R.M. (2012). Development of specific pathogen-free (SPF) shrimp stocks and their application to sustainable shrimp farming. In: Infectious Disease in Aquaculture. *Woodhead Publishing Limited*, pp 277–317.
- Lightner D.V., Redman R.M., Bell T.A. (1983). Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis, a newly recognized virus disease of penaeid shrimp. *Journal of Invertebrate Pathology*, 42:62–70.
- Lotz J.M., Lightner D.V. (1999). Shrimp biosecurity: pathogens and pathogen exclusion. In: Bullis R.A., Pruder G.D. (eds.) Controlled and Biosecure Production Systems. Evolution and Integration of Shrimp and Chicken Models. Proceedings of a Special Session, World Aquaculture Society. Sydney, Australia, pp 67-74.
- Mohan C.V., Phillips M.J., Bhat B.V., Umesh N.R., Padiyar P.A. (2008). Farm-level plans and husbandry measures for aquatic animal disease emergencies. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 27(1):161–173.
- Morales Covarrubias M.S., Cuéllar-Anjel J., Varela-Mejías A., Elizondo-Ovares C. (2018). Shrimp bacterial infections in Latin America: A review. *Asian Fisheries Science*, 31S:76–87.
- Morales V., Cuéllar-Anjel J. (2008). Guía Técnica: Patología e inmunología de camarones penaeidos, 1era

- ed. CYTED, Panamá.
- Morales V., Cuéllar-Anjel J. (2014). Guía Técnica: Patología e inmunología de camarones penaeidos, 2da ed. OIRSA, Panamá.
- Navarro R., Morales V., Tello R., Cuéllar-Anjel J., Montoya L. (2013). Manual regional de procedimientos de emergencia para síndrome de mortalidad temprana (EMS/AHPNS). Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 30 pp.
- Newman S.G. (2013). Biosecurity: Not just a word. *Global Aquaculture Advocate*, March-April :42–43.
- Newman S.G. (2015). Common-sense biosecurity measures head off crop failures. *Global Aquaculture Advocate*, Jan.-Feb. 33–35.
- Newman S.G. (2017). Microbiome manipulation in shrimp: Fact or fiction? *Hatchery Feed*, 5(1):30–32.
- Newman S.G. (2019a). Bioseguridad en la camaronicultura: la importancia del monitoreo individual de los reproductores. *Panorama Acuicola Magazine*, 24(6):102–103.
- Newman S.G. (2019b). The myth of static microbiome. *Global Aquaculture Advocate*, Agosto:7-10.
- Nowak B.F. (2004). Assessment of health risks to southern bluefin tuna under current culture conditions. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 24(1): 45–51.
- Nunan L.M., Lightner D.V., Oduori M.A., Gasparich. G.E. (2005). *Spiroplasma penaei* sp. nov. associated with mortalities in *Penaeus vannamei*, Pacific white shrimp. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55:2317–2322, DOI: <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63555-0>.
- OIE (2019). Enfermedades, infecciones e infestaciones de la lista de la OIE en vigor en 2019. Organización Mundial de Sanidad Animal [en línea]. París, Francia. 22 de agosto de 2019: (<https://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/oie-listed-diseases-2019/>).
- Pantoja C.R., Lightner D.V. (2014). Enfermedades virales del camarón. In: Morales V., Cuéllar-Anjel J. (eds.). Guía Técnica: Patología e inmunología de camarones penaeidos, 2da ed. Organismo Regional Internacional de Sanidad Agropecuaria, Panamá, pp: 99–166.
- Pruder G.D. (2004). Biosecurity: application in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 32:3–10, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.05.002>.
- Qiu L., Chen M.-M., Wan X.-Y., Li C., Zhang Q.-L., Wang R.-Y., Cheng D.-Y., Dong X., Yang B., Wang X.-H., Xiang J.-H., Huang J. (2017). Characterization of a new member of Iridoviridae, shrimp hemocyte iridescent virus (SHIV), found in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Scientific Reports*, 7(11834), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10738-8>.
- Rodríguez C.I. (2019). Los ácidos orgánicos como alternativa a los antibióticos en la camaronicultura de Ecuador. *Panorama Acuicola Magazine*, 24(6):64–74.

- Ruangpan L. (1982). Diseases and parasites of *Penaeus monodon* Fabricius. *Thai Fisheries Gazette*, 35:385–387.
- Sakaew W., Pratoomthai B., Anantasomboon G., Asuvapongpatana S., Sriurairatana S., Withyachumnarnkul B. (2008). Abdominal segment deformity disease (ASDD) of the whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* reared in Thailand. *Aquaculture*, 284:46–52, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.041>.
- Sano T., Nishimura T., Oguma K., Momoyama K., Takeno N. (1981). Baculovirus infection of cultured kuruma shrimp *Penaeus japonicus* in Japan. *Fish Pathology*, 15:185–191.
- Schuur A.M. (2003). Evaluation of biosecurity applications for intensive shrimp farming. *Aquacultural Engineering*, 28:3–20.
- Seibert C.H., Pinto A.R. (2012). Challenges in shrimp aquaculture due to viral diseases: Distribution and biology of the five major penaeid viruses and interventions to avoid viral incidence and dispersion. *Brazilian Journal of Microbiology*, 857–864.
- Sellars M.J. (2019). Boosting shrimp production through understanding pathogen loading with shrimp multipath. In: Aqua Expo. Cámara Nacional de Acuicultura, Guayaquil, Ecuador (octubre 2019).
- Shinn A.P., Pratoomyot J., Griffiths D., Trong T.Q., Vu N.T., Jiravanichpaisal P., Briggs M. (2018). Asian shrimp production and the economic costs of disease. *Asian Fisheries Science*, 31S:29–58.
- Spann K.M., Lester R.J.G. (1997). Viral diseases of penaeid shrimp with particular reference to four viruses recently found in shrimp from Queensland. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13:419–426.
- Standen B. (2018). Bioremediation in shrimp culture. In: Conacua'18. Los Mochis, Sinaloa, México (Noviembre 2018).
- Stentiford G.D., Sritunyalucksana K., Flegel T.W., Bryony A., Williams P., Withyachumnarnkul B., Itsathitphaisarn O., Bass D. (2017). New paradigms to help solve the global aquaculture disease crisis. *PLoS Pathogens*, 13(2):e1006160, DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006160>.
- Tacon A.G.J. (2017). Biosecurity protocols needed for shrimp feeds, feeding practices. *Global Aquaculture Advocate*, Julio 10 2017.
- Tang K.F.J., Pantoja C.R., Redman R.M., Lightner D.V. (2007). Development of in situ hybridization and RT-PCR assay for the detection of a nodavirus (PvNV) that causes muscle necrosis in *Penaeus vannamei*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75:183–190.
- Taw N. (2010). Shrimp (pacific white shrimp) farm biosecurity: Practical methods to prevent virus entering farm and quarantine if infected to prevent from spreading. In: International Conference on Shrimp Aquaculture. World Aquaculture Society, Surabaya, Indonesia, (octubre 2010).
- Taw N. (2014). Shrimp farming in biofloc System: Review and recent developments. In: World Aquaculture Adelaide 2014, Australia (Junio 2014).

- Thitamadee S., Prachumwat A., Srisala J., Jaroenlak P., Salachan P.V., Sritunyalucksana K., Flegel T.W., Itsathitphaisarn O. (2016). Review of current disease threats for cultivated penaeid shrimp in Asia. *Aquaculture*, 452:69-87, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.028>.
- Tourtip S., Wongtripop S., Stentiford G.D., Bateman K.S., Sriurairatana S., Chavadej J., Sritunyalucksana K., Withyachumnarnkul B. (2009). *Enterocytozoon hepatopenaei* sp. nov. (Microsporida: Enterocytozoonidae), a parasite of the black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae): Fine structure and phylogenetic relationships. *Journal of Invertebrate Pathology*, 102:21–29, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.004>.
- Wickins J.F., Lee D.O. (2002). *Crustacean Farming - Ranching and Culture*. Blackwell Science, 2nd ed. Bodmin, Cornwall, Great Britain.
- WOAH (2010). *Aquatic Animal Health Code*, 13th edn. World Organisation for Animal health, París, Francia.
- Wyban J. (2007). Domestication of Pacific white shrimp revolutionizes aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, 10:42–44.
- Yoshinaga T. (2019). The history of aquatic animal disease emergence and spread. In: OIE Global Conference on Aquatic Animal Health. World Organisation for Animal Health, Santiago, Chile (abril 2019).
- Zepeda C., Jones J.B., Zagmutt F.J. (2008). Compartmentalisation in aquaculture production systems. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 27(1):229–241.
- Zhang Q., Liu Q., Liu S., Yang H., Liu S., Zhu L., Yang B., Jin J., Ding L., Wang X., Liang Y., Wang Q., Huang J. (2014). A new nodavirus is associated with covert mortality disease of shrimp. *Journal of General Virology*, 95:2700–2709, DOI: <https://doi.org/10.1099/vir.0.070078-0>.

Recibido: 03-12-2019
Aprobado: 29-03-2020
Versión final: 16-04-2020

