

ARTICULO ORIGINAL

Estrategia de prevención para la infección viral con Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética en el cultivo de camarón

Prevention strategy for viral infection with Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis in shrimp farming

Raulen Ajo Melia¹
Antonio Torres Valle^{2*}
Julia Azanza Ricardo²
Manuel Rubio Limonta¹

¹Centro de Investigaciones Pesqueras,
Ministerio de la Industria
Alimenticia, Cuba*

²Instituto Superior de Tecnologías y
Ciencias Aplicadas, Universidad de
la Habana, Cuba

Autor para correspondencia:
antoniotorresvalle@gmail.com

OPEN ACCESS

Distribuido bajo:
Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional
(CC BY-NC 4.0)

Editor:
Laida Ramos Trujillo
(CIM-UH)

Recibido: 21.02.2023
Aceptado: 22.07.2023

Resumen

El virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa es responsable en los últimos 30 años del decrecimiento productivo y la baja supervivencia de algunas especies de camarones penaeidos cultivados. En la actualidad esta enfermedad es tema de discusión y análisis en numerosos foros internacionales, debido a su incremento en los últimos cinco años. A pesar de que la enfermedad no se encuentra presente en Cuba, existe una gran preocupación por parte de las autoridades competentes del país debido a los movimientos de organismos vivos y refrigerados que se realizan, dentro y desde fuera de la nación. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar líneas de bioseguridad específicas para este virus en el cultivo del camarón *Penaeus vannamei*. Aunque los métodos matriciales son comunes en los análisis de riesgo biológico, el de matriz de riesgo tridimensional, resulta más abarcador por incluir el rol de las defensas en las secuencias accidentales que representan la introducción y propagación de la enfermedad. Para aplicar el método se empleó el código SECURE-MR-FMEA. Los resultados identifican los riesgos más contribuyentes para la camaronicultura en el escenario de Cuba, basados en la degradación de las defensas que caracterizan las buenas prácticas en un caso ideal, así como describen las medidas de defensa más trascendentes en dichas condiciones. El empleo del método y sus resultados constituyen una novedad en el campo de las investigaciones de bioseguridad. La investigación contribuye a la preparación de una estrategia de bioseguridad específica para esta patología del camarón, que constituye un importante riesgo económico para este rubro productivo.

Palabras clave: bioseguridad, camarón, cultivo del camarón, riesgo, matriz de riesgo.

Abstract

The Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis virus has been responsible in the last 30 years for the decrease in production and the low survival of some species of

farmed penaeid shrimp. Due to its increase in recent years, this illness is now the subject of intense debates and investigations on a global scale. Although Cuba is not affected by the disease, there are great concerns on the part of the competent authorities as regards the movements in and out of their country of those living and refrigerated organisms. The present study was carried out to determine specific biosafety lines for this virus in *Penaeus vannamei* shrimp farming. Although matrix methods are common in biological risk analysis, the three-dimensional risk matrix is more comprehensive because it includes the role of defenses in the accidental sequences that represent the introduction and disease spread. To apply the method, the code SECURE-MR-FMEA was used. The results identify the most contributing risks for shrimp farming in the Cuban scenario based on the degradation of defenses, which characterize good practices in an ideal case, as well as describe the most important defense measures in such conditions. The use of this method and its results constitute a novelty in the field of biosafety research. The study assists in developing a specialized biosafety strategy for this shrimp disease, which poses a significant financial danger to this productive region.

Keywords: biosafety, shrimp, shrimp farming, risk, risk matrix.

Introducción

Según FAO (2018), la acuicultura de camarón a nivel mundial es una industria de gran importancia y rápido crecimiento. Actualmente aporta el 8% de la producción pesquera total y el 20,1% del valor total de la acuicultura. En las Américas esta industria generó durante el 2016 más del 49 % de la producción acuícola de camarón blanco *Penaeus vannamei* en el mundo y de estas, más de la mitad son peneidos que tienen su origen en granjas (Higuera Angulo, 2005).

Sin embargo, la producción mundial de especies acuícolas se encuentra afectada por numerosas enfermedades infecciosas, las que impactan severamente el desarrollo y sustentabilidad de la acuicultura convirtiéndose en una

restricción primaria para su desarrollo (Guevara y Alfaro, 2012), lo que afecta seriamente su capacidad de producción e impacta en el ámbito económico (Guzmán-Sáenz *et al.*, 2009; Safeena, 2012). En regiones de gran desarrollo como Asia, la región Indo-Pacífica y las Américas, los procesos infecciosos más relevantes son causados por virus: como WSSV (Virus del Síndrome de la Mancha Blanca) y TSV (Síndrome de Taura), IHHNV (Virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa), YHV (Cabeza Amarilla), los que ocasionan pérdidas de cultivos, empleos, e ingresos por lo que son tema de discusión y análisis en numerosos foros. En los mismos se analizan factores como la expansión de la actividad, su intensificación y diversificación, así como la comercialización de organismos acuáticos (semillas, larvas, reproductores y sus productos vivos o muertos, como alimentos y productos congelados), todos sin el control sanitario adecuado lo que contribuye a la propagación a nivel internacional de muchas de estas enfermedades (Chávez y Montoya, 2004). El libre tráfico de organismos sin una adecuada certificación sanitaria, dentro de un país o de un país a otro e inclusive de una región a otra, que se realizó en años anteriores, tanto en postlarvas de camarón como de organismos utilizados como reproductores, fue una de las principales causas de esta difusión que trajo como consecuencias la diseminación de patógenos a regiones libres de los mismos (OIE, 2020).

El virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa o IHHNV (por sus siglas en inglés de *Infectious Hypodermal and Haematopoietic Necrosis Virus*) es responsable en los últimos 30 años de afectar el crecimiento y la supervivencia de algunas especies de camarones penaeidos cultivados. Desde su aparición las producciones de camarón han descendido de forma significativa en muchos países y los camaroneros se enfrentan con serias dificultades para continuar con la producción (FAO, 2018; OIE, 2020).

Según Lightner (2011), la IHHNV es una de las enfermedades que ha causado grandes pérdidas económicas en la camaronicultura de Latinoamérica; lo que ha

llegado a causar en *Penaeus stylirostris* o camarón azul, mortalidades de un 90% en cultivos a nivel mundial (Lightner, 2006; Morales Covarrubias, 2010; Lightner, 2011). Mientras que, en *Penaeus vannamei*, la tasa de mortalidad no excede el 5%, en cambio, genera un síndrome conocido como Enanismo o deformidad del rostro (Lightner, 2006; Yang *et al.*, 2007; OIE, 2020).

Dado el incremento hoy en día de la IHHNV en el mundo y que el camarón de cultivo posee un sistema inmunitario deprimido debido a la endogamia generada por los procesos de selección, resulta importante concebir una estrategia de bioseguridad como herramienta eficaz para elaborar protocolos con acciones que prevean la introducción de esta enfermedad (Lightner, 2011; FAO, 2018). Sin embargo, a pesar de contar con lineamientos y normas sanitarias que regulan la entrada de especies acuícolas; varios países reportan la introducción y diseminación de esta enfermedad (Guevara y Alfaro, 2012, FAO, 2018, Beeckmany Rüdelsheim, 2020).

Uno de los programas propuestos y que aporta mejores resultados en cuanto prevenir la introducción, proliferación y propagación de patógenos y dispersión de enfermedades en los organismos acuáticos cultivados es la aplicación de los programas de bioseguridad (Fuentes *et al.*, 2020). Los programas de bioseguridad cursan por diferentes etapas que contribuyen a su desarrollo y perfeccionamiento (Fink, 2010; Rodríguez Dueñas y González Almiñán, 2017). Su aplicación en la producción animal fue el resultado de una necesidad ante el incremento del comercio internacional que condujo a la dispersión de diversas enfermedades (Beeckmany Rüdelsheim, 2020). Como en el resto de las esferas, las primeras acciones de bioseguridad en la acuicultura (Pruder, 2004; Yanong y Erlacher-Reid 2012), fueron programas con medidas (físicas, químicas y biológicas) muy generales para la prevención, control y erradicación de enfermedades infecciosas (Lightner, 2001; Lee y Bullis, 2003). Gracias al avance alcanzado, en la actualidad estos programas tienen una concepción más

desarrollada que implica conceptos como los de bioseguridad integrada y bioseguridad específica, así como compartimentación; todo con el propósito de lograr sus objetivos con mayor eficacia (Yanong y Erlacher-Reid, 2012).

Dentro de esta actualización se incorporan algunos principios básicos tales como: la identificación del peligro, evaluación de riesgo, gestión del riesgo y la comunicación del riesgo (Argote *et al.*, 2009). La evaluación del riesgo es un procedimiento que debe realizarse de una manera científicamente adecuada con el uso de conocimientos especializados, con el objetivo de caracterizar e identificar la naturaleza y la magnitud de las situaciones hipotéticas de peligro, y la probabilidad de que esas situaciones se presenten realmente (Hadad, 2014). Uno de los métodos utilizados para evaluar el riesgo es la matriz de riesgo con sus diferentes variantes (Torres *et al.*, 2021).

También con enfoque matricial existen metodologías aprobadas por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA en inglés), como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés). Estas han sido empleadas para evaluar el riesgo de los alimentos (FDA, 2004; Jahncke, M., & Schwar, 2008). La principal dificultad asociada a esta metodología es que la definición de puntos críticos sólo considera dos magnitudes (frecuencia y magnitud de daño), por lo que no puede cuantificar el efecto de las medidas de defensa de manera sistemática, dado que desconoce el nivel del efecto de dichas medidas (FDA, 2004; Jahncke, M., & Schwar, 2008). Una situación similar caracteriza al método matricial propuesto por la ISO 31000 (ISO, 2018).

El método de la “matriz de riesgo tridimensional” es utilizado como herramienta para establecer prioridades en la gestión del riesgo de una instalación a partir del análisis combinado de los potenciales escenarios de riesgo en la misma. Cada escenario se caracteriza por la ocurrencia de un evento indeseado (con su frecuencia asociada), la probabilidad de fallo de las barreras

existentes y sus consecuencias (Torres *et al.*, 2021). Aunque este método no permite cuantificar el riesgo numéricamente, hace posible clasificarlo en niveles, lo cual resulta suficiente para establecer prioridades sin necesidad de análisis de riesgos más precisos y más costosos (Sierra y Torres, 2020).

La metodología de “matriz de riesgo tridimensional” es aplicada ampliamente en la industria con riesgo potencial asociado (química, petrolera, etc.), en el sector bancario y crediticio, así como en distintas prácticas con radiaciones ionizantes (radioterapia, medicina nuclear, radiodiagnóstico y en prácticas médicas) (IAEA, 2016; Sierra y Torres, 2020; Torres *et al.*, 2021); sin embargo ha sido escasamente utilizada para evaluar el riesgo biológico en instalaciones de producción animal.

Las potencialidades del método para modelar escenarios por los que pueden cursar los daños en una instalación de camaronicultura, evaluar la efectividad de las medidas de defensa dentro del modelo y ejecutar múltiples aplicaciones de optimización, recomiendan su uso en lugar de otras metodologías conocidas, como listas de chequeo o matriz de riesgo bidimensional (FDA, 2004; ISO, 2018), las que no revelan tales capacidades de manera simultánea (IAEA, 2016, Sierra y Torres, 2020; Torres *et al.*, 2021).

Por ello, el objetivo de esta investigación será determinar el riesgo de introducción y propagación del Virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa en el cultivo del camarón *Penaeus vannamei* en Cuba a partir de la determinación de líneas de bioseguridad específicas con una matriz de riesgo tridimensional.

Materiales y métodos

Para la aplicación del método se seleccionó la Unidad Empresarial de Base (UEB) Calisur que se dedica al cultivo de camarón *Penaeus vannamei*; ubicada en el Consejo Popular Guamo Viejo, Municipio Río Cauto, Provincia Granma, en el complejo natural Delta del Cauto; a 13 Km de la cabecera municipal. La UEB Calisur presenta un sistema de explotación semi-intensivo de engorde de 957, 9 ha de espejo de agua, que se encuentran distribuidas en 5 granjas, para un total de 100 estanques. Al sur de la UEB se ubica la Laguna costera del Golfo del Guacanayabo, antecedida por una extensa área de manglar, declarada como área protegida de humedales y fauna silvestre en 1994. Esta camaronera es la más grande de Cuba.

Para evaluar el riesgo biológico que representa la IHNV para esta unidad productiva se utilizó la matriz de riesgo tridimensional, a través del algoritmo presentado en la Fig.1.

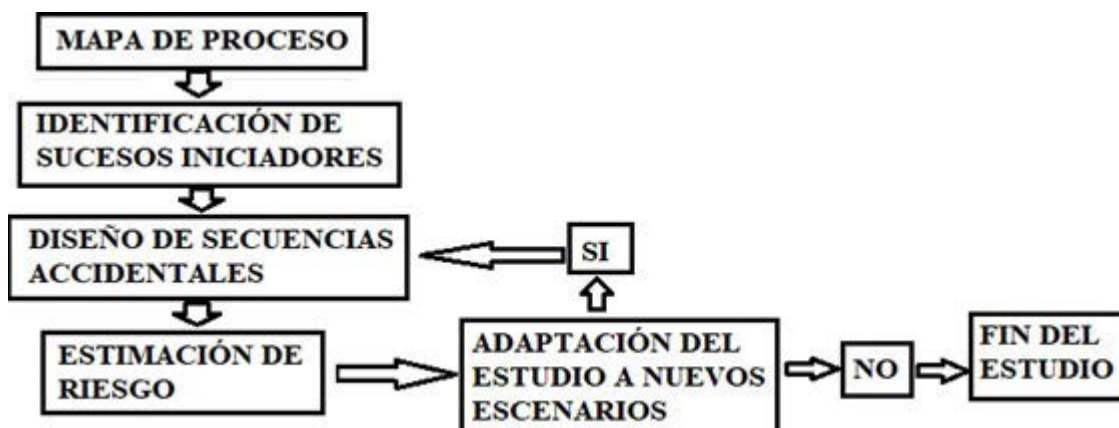


Fig. 1. Algoritmo utilizado para evaluar el riesgo biológico del camarón ante la IHNV

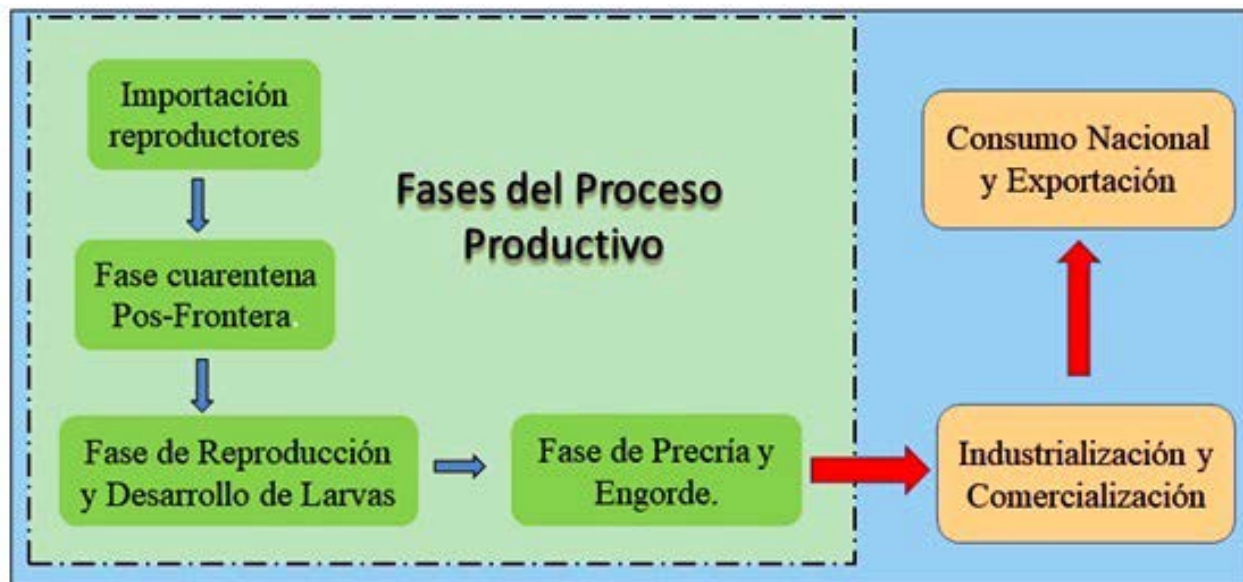


Fig. 2. Mapa genérico del proceso productivo de la camaronicultura

Para la aplicación de este método fue necesario elaborar dos bases de datos, una para un caso patrón ideal y otra para un caso patrón real degradado. En la primera se consideran riesgos evidentes y condiciones especiales según la experiencia internacional, mientras que, en la segunda, se supone que la enfermedad está presente, pero con afectaciones importantes de las defensas, debido a las condiciones impuestas por la realidad. En ambos casos se modelan los cuatro subprocesos (ver recuadros en verde) dentro del proceso productivo (Fig. 2).

Estas bases fueron introducidas y analizadas con el programa de evaluación de riesgo basado en métodos prospectivos y reactivos (SECURE-MR-FMEA), donde MR- matriz de Riesgo y FMEA - Análisis de Modo y Efecto de Fallo (Torres *et al.*, 2021).

El mapa de proceso es el ordenamiento cronológico de las diferentes etapas. Cabe destacar que la fase de importación de reproductores ocurre con menor frecuencia, pero debido a su gran importancia se incluye también en el mapa del proceso productivo.

En cada subproceso o etapa podrán ocurrir varios sucesos iniciadores que conllevan a peligros dentro de

la fase correspondiente. Estos sucesos iniciadores son los mecanismos mediante los cuales se manifiesta el peligro. No basta con que el microorganismo esté presente; es necesario un mecanismo mediante el cual el mismo conduzca a la infestación del sistema de cultivo. Por requerimientos informáticos, cada etapa del proceso ha sido codificada con caracteres alfanuméricos, reconociéndose a IMP para Importación de reproductores, CUA para la fase de cuarentena, RDL para la fase de reproducción y desarrollo de larvas y PPE para la fase de precría y engorde.

Cada secuencia accidental se describe mediante un árbol de evento, que es un método inductivo que ilustra la evolución del suceso iniciador vinculado con el fallo de sus correspondientes barreras hasta alcanzar las consecuencias indeseadas. Una ilustración de esta afirmación se muestra en la Fig. 3.

En la figura se aprecia de manera genérica como un suceso iniciador aleatorio, ante la falla de las barreras puede derivar en consecuencias o resultados indeseables. La figura ilustra también las fuentes de los datos de frecuencia del iniciador (F), la probabilidad de fallo de las barreras (P) y la gravedad de

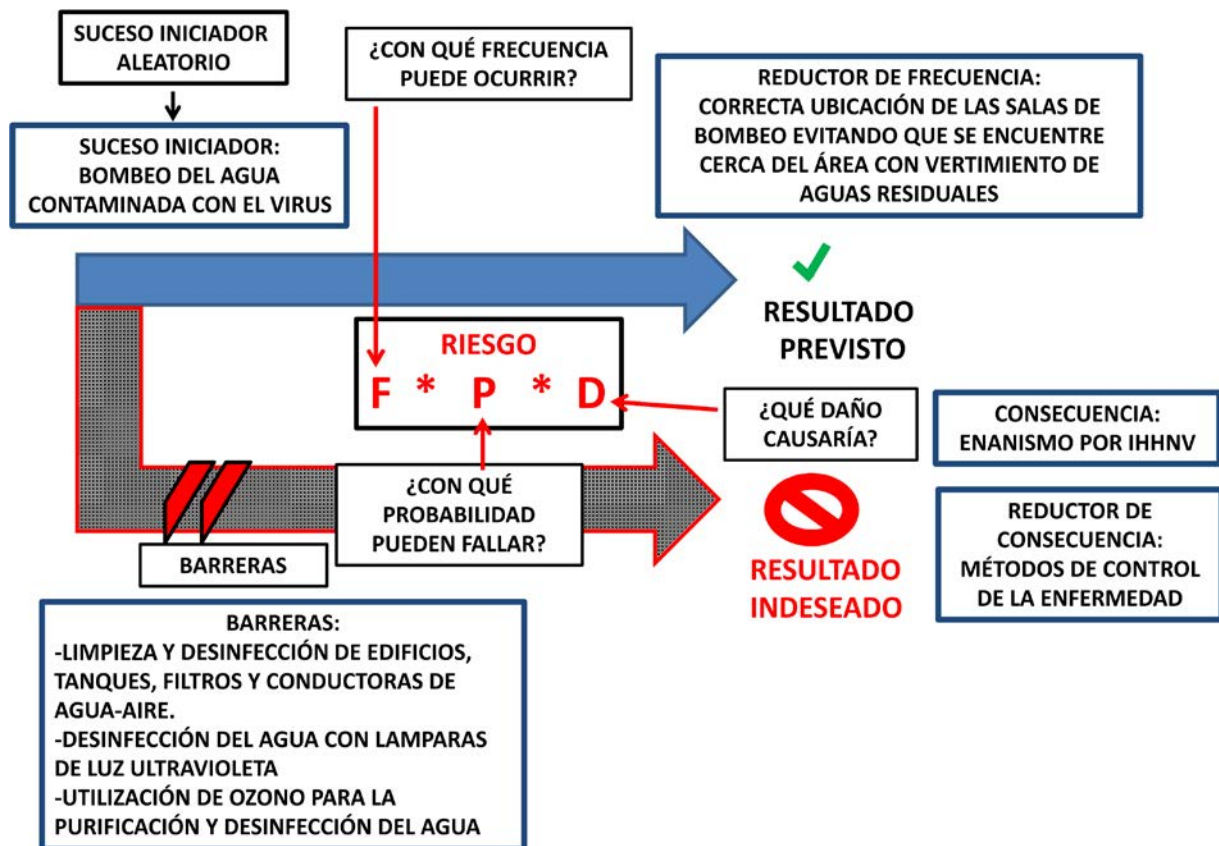


Fig. 3. Ilustración de una secuencia accidental en la camaronicultura

consecuencias (D), a partir de las cuales se cuantifica el RIESGO.

A modo de ejemplo, en los recuadros azules se ejemplifica uno de los sucesos iniciadores del modelo “Bombeo del agua contaminada con el virus”. Al suceso iniciador se asocian las correspondientes defensas dadas en este caso como reductores de frecuencia “correcta ubicación de las salas de bombeo...”, y algunas barreras asociadas, como las de “limpieza y desinfección de edificios, desinfección del agua con lámparas de luz ultravioleta o purificación con ozono”. La consecuencia ilustrada para la secuencia es el “enanismo” del camarón cultivado. Como reductor de consecuencia se ejemplifica el de “métodos de control de la enfermedad”.

Para estimar el riesgo se empleó la matriz de riesgo, que vincula tridimensionalmente los parámetros que

caracterizan al riesgo biológico. Ellos son: frecuencia del suceso iniciador (F), probabilidad de fallo de barreras (P) y magnitud de las consecuencias (C). Cada parámetro se caracteriza con una escala cualitativa, la cual aparece representada en la Fig. 4 (Torres *et al.*, 2021). La escala cualitativa incluye, según corresponde a los parámetros representados, los niveles MA-muy alto, A-alto, M-medio, B-bajo y MB-muy bajo.

El estudio detallado del riesgo para toda la práctica permite su caracterización a través de perfiles por niveles de riesgo, ordenamiento de secuencias más importantes, determinación de medidas de defensa más trascendentes y acciones de monitoreo de riesgo.

Dado que la matriz de riesgo original fue diseñada para sucesos radiológicos y luego para prácticas de hemodiálisis en humanos (IAEA, 2016; Sierra y Torres,

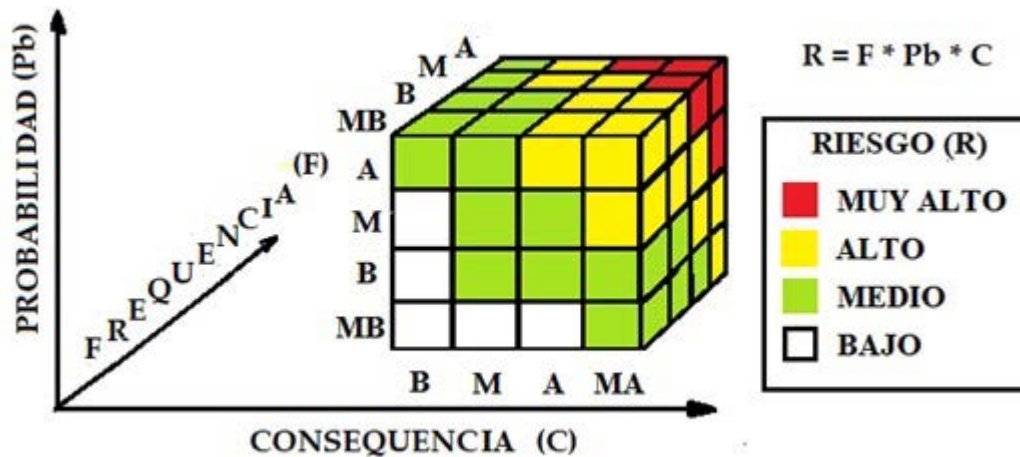


Fig. 4. Representación de la matriz de riesgo y sus factores (modificado de IAEA, 2016)

2020; Torres *et al.*, 2021), resulta necesario su ajuste para los estudios de riesgo biológico en la camaronicultura. De manera general, los parámetros empleados en los estudios enumerados son válidos, excepto los de consecuencias, los que son modificados según la siguiente Tabla 1.

Por requisitos informáticos de la modelación, cada secuencia accidental se codifica con los caracteres “SEC” más un número, los sucesos iniciadores con los caracteres “SI-BIO” (BIO corresponde con daño biológico) y una combinación numérica que identifica la etapa en la que ocurre la secuencia. Al final, entre paréntesis se

incluye la frecuencia del evento. Por otra parte, las defensas, pueden ser barreras, reductores de frecuencia y reductores de consecuencia. En el caso de las barreras se identifican por los caracteres “B-” y un número, a lo que sigue su robustez entre paréntesis (MR-muy robusta, R-robusta, N-normal o B-blanda). De manera similar, se codifican los reductores de frecuencia como “RF-” y los reductores de consecuencia como “RC-“. El mecanismo de codificación para estos casos es similar al de las barreras. Finalmente, las consecuencias se codifican como “C-BIO”, a lo que sigue entre paréntesis la gravedad (tal como fuera descrita en la tabla 1).

Tabla 1. Criterio para evaluar niveles de consecuencias en la camaronicultura.

Clasificación de Consecuencia	Descripción
MG ó MA	Pérdida por contaminación de toda la población de camarones.
G ó A	Pérdida por contaminación de la población de camarones de una o más granjas.
M	Pérdida de la población de camarones de 5 o más estacos dentro de una granja
B	No se producen efectos sobre los camarones. Disminución de la defensa en profundidad.

MG, MA- Consecuencias Muy Graves ó Muy Altas, G ó A- Consecuencias Graves ó Altas, M- Consecuencias Medias, B-Consecuencias Bajas

Resultados y discusión

Tras la identificación de los sucesos iniciadores para ambos casos (ideal y degradado) y el diseño de sus secuencias accidentales correspondientes, se obtuvo un patrón de riesgo caracterizado por 4 subprocesos y 42 secuencias accidentales. La asignación de parámetros de frecuencia de los sucesos iniciadores y magnitud de consecuencias, es el resultado de una detallada investigación bibliográfica, dentro de las referencias disponibles, sobre estos parámetros en su relación con la influencia del virus sobre el camarón blanco (Chávez y Montoya, 2004; Guzmán, 2009; Cuéllar-Anjel, 2013;; Varela y

Tabla 2. Defensas inhabilitadas en el patrón degradado.

Reductores de Frecuencia	Barreras	Reductores de consecuencias
RF-4. Auditoria a la planta exportadora, por la autoridad competente del país receptor (N).	B-4. Existencia de medios de desinfección para la entrada a los almacenes (N).	RC-2. Métodos de control de la enfermedad (N).
RF-27. Utilización de un transporte individual para la transportación de los animales enfermos y el personal que trabaja en la entidad (B).	B-23. Desinfección del vehículo previo a la carga del alimento (N).	RC-4. Sistema para el tratamiento de efluentes, para prevenir cualquier escape potencial de patógenos al medio (R).
RF-26. Almacén completamente hermético (MR).	B-20 Utilización de ozono para la purificación y desinfección del agua (N).	RC-6. Desinfección de toda el agua utilizada en las unidades de producción tiene que ser tratada apropiadamente / en función de la etapa/ para eliminar los patógenos y a sus portadores (B).
RF-25. Transporte directo del lugar de recepción al destino sin conexión con otras camarónicas (N).	B-19. Tratamiento del agua de abasto con desinfectantes (R).	RC-7. Saneamiento de los canales de drenaje (N).
RF-21. Correcta disposición de aguas residuales y sólidos (N).	B-18. Desinfección del agua con lámparas de luz ultravioletas (MR).	
RF-20. Correcta ubicación de las salas de bombeo evitando que se encuentre cerca el área con vertimiento de agua residuales (N).	B-17. Mallas con filtro para peces y crustáceos para filtrar el agua de abasto de los sistemas de cultivo (N).	
RF-19. No-existencia de vías directas con las aguas abiertas, especialmente a través de conductos de entrada y canales de drenaje (N).	B-14. Métodos de diagnóstico y detección más adecuados (deben de ser sensitivos, confiables y estar disponibles) (N).	
RF-12. Realizar pedido a tiempo de los utensilios, medios de cultivos y equipamiento necesarios para el Laboratorio/ por los costosos de los medios de cultivo y equipamiento (N).	B-12. Suministro independiente de agua con sistemas de tratamiento y desinfección separados (MR).	

Peña, 2017; OIE, 2020; Parajeles, 2019; USDA, 2019; GENICS, 2020; Ramírez, 2022). Adicionalmente, la identificación de las defensas tiene como fuente a las referencias antes enumeradas, a lo que debe añadirse que su robustez fue asignada según las características de efectividad que a cada tipo de defensa le corresponde (Torres *et al.*, 2021).

La base de diseño del patrón degradado es la inhabilitación, sobre el patrón ideal, de las defensas mostradas en la Tabla 2, las que son desestimadas dado el estado de las mismas en la instalación tomada como objeto de estudio.

Los códigos informáticos de las defensas (“B-“, “RF-“) corresponden a barreras y reductores de frecuencia, respectivamente.

El resultado fundamental obtenido tras el análisis del patrón de riesgo para ambos modelos, se muestra en los histogramas de la Fig. 5, donde se ilustra el perfil de riesgo y sus consecuencias, para el caso ideal (izquierda) y para el caso degradado (derecha). El cálculo del riesgo se realiza empleando el método “con robustez de

barreras-reductores simples”, que es uno de los más potentes de la herramienta SECURE-MR-FMEA, pues considera durante el cálculo el efecto de todas las defensas con su robustez asociada.

Cada histograma representa la distribución de los riesgos y consecuencias en los respectivos patrones. Para cada nivel de riesgo se colocan en el eje de las abscisas su clasificación acompañada de la identificación de los niveles de consecuencias correspondientes. En el eje de las ordenadas se colocan las cantidades de riesgos y de tipos de consecuencias. A través del códigos de colores se clasifican los riesgos en muy altos (RMA), altos (RA), medios (RM) y bajos (RB), mientras las consecuencias se agrupan en muy Graves (MG), graves (G), medias (M) y bajas (B).

En el patrón ideal se localizan cinco riesgos altos a los que corresponden cinco consecuencias muy graves, 17 riesgos medios distribuidos en ocho consecuencias muy graves, dos graves y siete medias, y 20 riesgos bajos con diez consecuencias graves y diez medias. Por otra parte, para el patrón degradado, la situación empeora

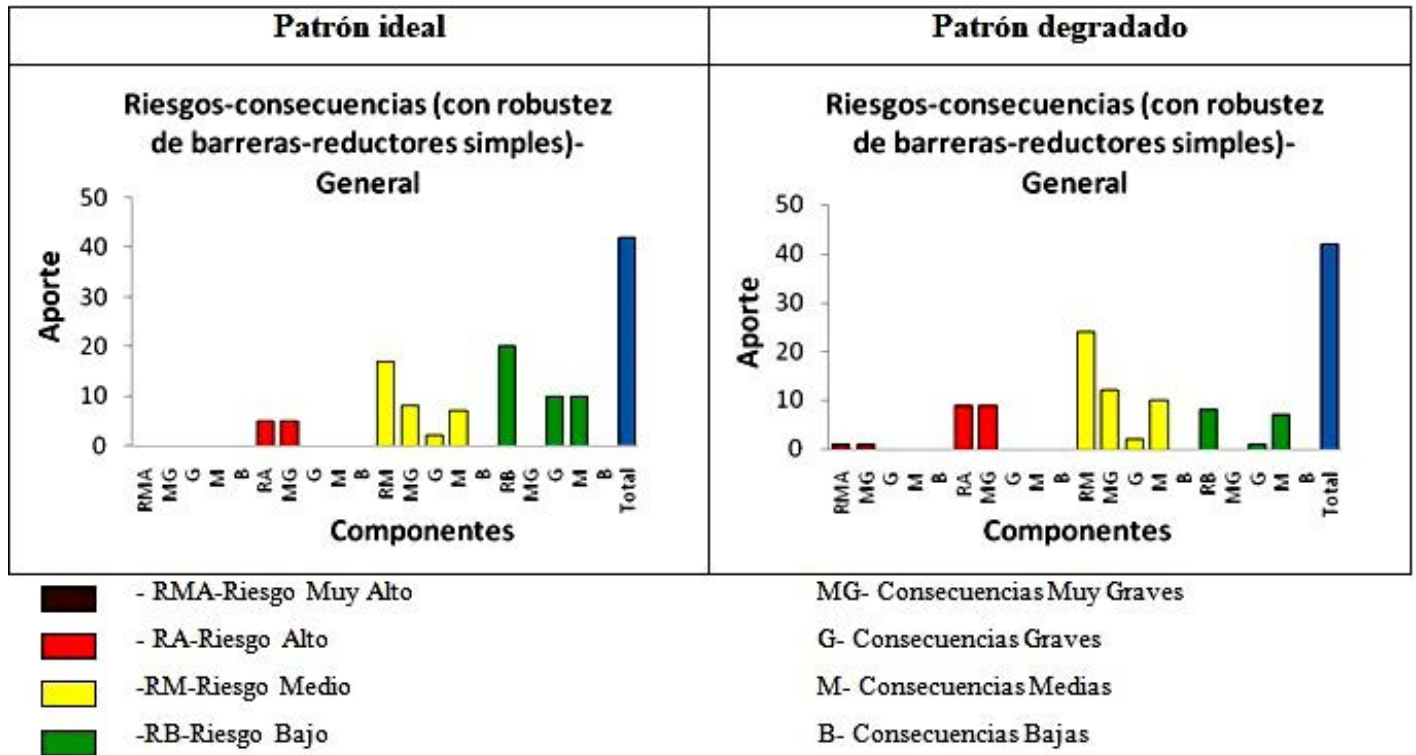


Fig. 5. Perfiles de riesgo para los dos casos modelados.

pues aparece un riesgo muy alto con consecuencia muy grave, nueve riesgos altos a los que corresponden nueve consecuencias muy graves, 24 riesgos medios distribuidos en 12 consecuencias muy graves, dos graves y diez medias, y ocho riesgos bajos con una consecuencias grave y siete medias. El desplazamiento hacia riesgos más elevados en el patrón degradado es el resultado del efecto negativo que aparece por las defensas inhabilitadas según la tabla 2.

Desde el punto de vista detallado, existen algunas secuencias coincidentes en ambos estudios, las que se aprecian en la Tabla 3. Esta tabla permite apreciar similitudes y diferencias en secuencias de nivel de riesgo alto. Para cada secuencia se ofrece su código (secuencia e iniciador que la provoca), nivel de riesgo, tipo y gravedad de consecuencia, etapa en la que ocurre y descripción detallada. Los códigos informáticos empleados corresponden al convenio establecido en Materiales y métodos.

Como se puede observar en la tabla, a los casos ya comprobados de riesgo alto en el patrón ideal, se suman cinco riesgos más para el caso degradado (uno Muy Alto y cuatro Altos). Esto está relacionado con el efecto de inhabilitación de las defensas en el caso degradado.

El suceso iniciador “Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno” es un suceso aparentemente repetido de riesgo alto, pero es diferente porque ocurre en diferentes etapas del proceso. Resulta ser un contribuyente importante de gran impacto y su nivel de riesgo coincide en ambos patrones. Esta importancia está avalada con lo planteado por diversos autores como Varela-Mejías y Peña-Navarro (2017) así como por la OIE (2020), quienes la identifican como fuente potencial de introducción del patógeno debido a que existen grandes movimientos de alimentos y organismos acuáticos a nivel mundial entre regiones y países, en muchos de los cuales el virus se encuentra presente. También Parajeles (2019) y Castro (2020), consideran

Tabla 3. Resumen de secuencias importantes en los patrones ideal y degradado.

Patrón Ideal						Patrón Degradado				
No.	Código	Nivel riesgo	Conse-cuencia	Etapas	Descripción	Código	Nivel riesgo	Conse-cuencia	Etapas	Descripción
1	SEC1{SI-BIO1.1(A)}	A	C-BIO(MA)	IMP	Existencia de reproductores contaminados con el patógeno.	SEC19{SI-BIO3.7(A)}	MA	C-BIO(MA)	RDL	Introducción al Centro de Desove de camarones del medio natural infectados con el virus, mediante el bombeo del agua de abasto.
2	SEC2{SI-BIO2.1(M)}	A	C-BIO(MA)	CUA	Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno.	SEC1{SI-BIO1.1(A)}	A	C-BIO(MA)	IMP	Existencia de reproductores contaminados con el patógeno.
3	SEC13{SI-BIO3.1(M)}	A	C-BIO(MA)	RDL	Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno.	SEC2{SI-BIO2.1(M)}	A	C-BIO(MA)	CUA	Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno.
4	SEC23{SI-BIO3.11(M)}	A	C-BIO(MA)	RDL	Contaminación de los estanques mediante el equipamiento utilizado en la preparación de las piscinas de reproductores y Postlarvas.	SEC3{SI-BIO2.2(M)}	A	C-BIO(MA)	CUA	Contaminación del alimento vivo durante el almacenamiento.
5	SEC26{SI-BIO4.1(M)}	A	C-BIO(MA)	PPE	Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno.	SEC13{SI-BIO3.1(M)}	A	C-BIO(MA)	RDL	Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno.
6						SEC14{SI-BIO3.2(M)}	A	C-BIO(MA)	RDL	Contaminación del alimento vivo durante el almacenamiento.
7						SEC15{SI-BIO3.3(M)}	A	C-BIO(MA)	RDL	Contaminación del alimento durante el almacenamiento en el almacén central.
8						SEC23{SI-BIO3.11(M)}	A	C-BIO(MA)	RDL	Contaminación de los estanques mediante el equipamiento utilizado en la preparación de las piscinas de reproductores y Postlarvas.
9						SEC26{SI-BIO4.1(M)}	A	C-BIO(MA)	PPE	Suministro de alimento vivo contaminado con el patógeno.
10						SEC27{SI-BIO4.2(M)}	A	C-BIO(MA)	PPE	Contaminación del alimento durante la transportación interna en el país.

que esta vía, junto con la importación de animales acuáticos, son las principales fuentes de la transfronterización de la IHHNV entre regiones y países.

Como se aprecia en la tabla 3, las situaciones peores ocurren con iniciadores que provocan contaminaciones masivas durante la reproducción o durante el engorde. Esto se debe a que esta fase del proceso productivo es más interdependiente y la contaminación en ella significaría la diseminación en todo el país y la afectación de toda la cadena productiva. Esto concuerda con lo planteado por Parajeles (2019) y Fuentes *et al* (2020), quienes expresan que la fase de reproducción y postlarvas es uno de los puntos vitales a tener bajo control, ya que una afectación en este afecta al sistema productivo completo e implicaría la diseminación de este patógeno por todo el país.

Resulta vital resaltar al riesgo muy alto “introducción al centro de desove de camarones del medio natural infectados con el virus mediante el bombeo del agua de abasto”, ya que una infestación en este punto del proceso productivo significaría

una diseminación para toda la camaronicultura del país. Dicho riesgo es mencionado en una investigación realizada por Castro (2020), donde se identifica como un riesgo potencial a nivel internacional, ya que por esta vía y por la importación de animales acuáticos se manifiestan las principales fuentes de introducción a los sistemas de cultivo, y la transfronterización posterior de la enfermedad a diferentes regiones e incluso países.

Otra forma de reflejar las secuencias accidentales de mayor impacto se logra con su representación gráfica (ver Fig.6).

La figura muestra una secuencia de riesgo Alto (ver @SEC1) en color rojo, debida a un iniciador SI-BIO1.1 de frecuencia baja (ver color amarillo) como resultado del efecto de los reductores de frecuencia RF, una probabilidad de fallo de barreras Alta (ver @B-B1 en color marrón) y unas consecuencias muy altas (ver C-BIO(MA) en color marrón). La inexistencia de las barreras es un factor que conduce a que la probabilidad de su fallo tenga niveles altos (ver @B-B1) y, por tanto a que se alcance un nivel de riesgo alto de la secuencia.

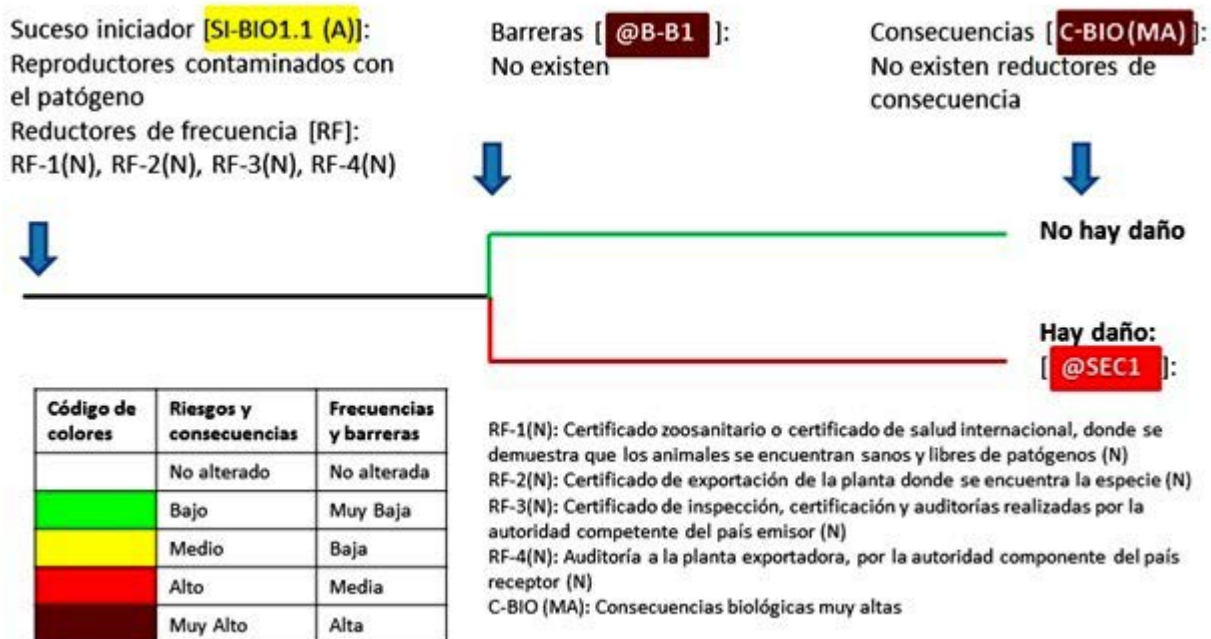


Fig.6. Secuencia accidental para el iniciador “Reproductores contaminados con el patógeno”

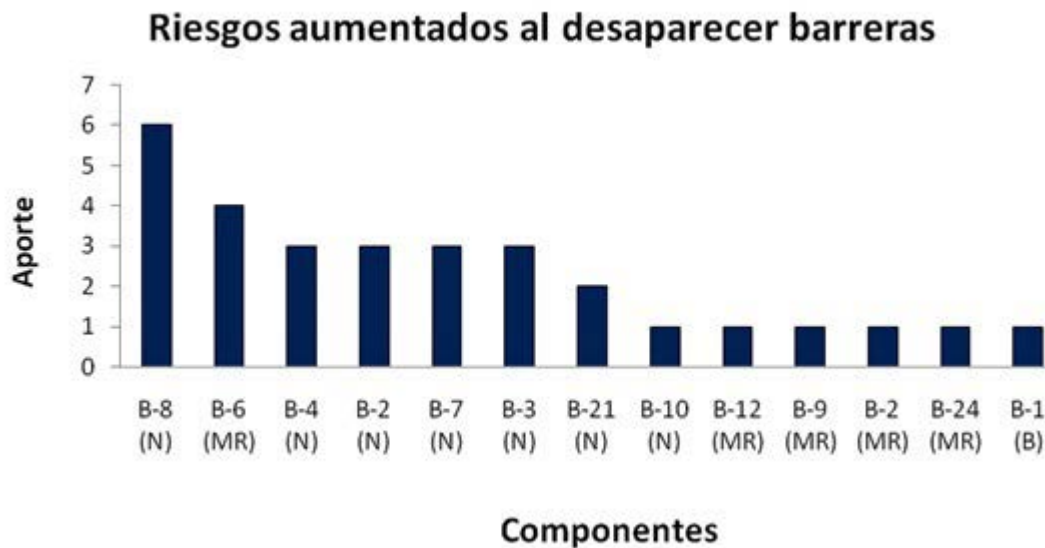


Fig. 7. Barreras de mayor impacto en el patrón ideal.

Al desaparecer defensas, la probabilidad de fallo de las barreras se incrementa, mientras que se aminoran las capacidades de efecto sobre la frecuencia de iniciadores y de magnitud de consecuencias, al verse afectados los correspondientes reductores de frecuencia y de consecuencia. Esto concuerda con los resultados planteados por Fuentes *et al* (2020), sobre la bioseguridad en las instalaciones camaroneras a nivel mundial y la importancia que tiene la aplicación de defensas como método de prevención de introducción y diseminación de enfermedades en los sistemas de cultivo, así como su correcta implementación en cada área y región.

En la Fig. 7 se representa un estudio de la importancia de barreras el que utiliza el método de eliminar virtualmente las mismas y valorar su impacto en el cambio del riesgo de las secuencias. En este método se considera, durante el cálculo, el efecto de las defensas restantes en cada secuencia. Destacan en el análisis las 6 barreras más importantes en todo el patrón, las cuales, al desaparecer, aumentarían entre tres y seis veces el riesgo de introducción del virus en la camaronicultura.

El código de las barreras corresponde al convenio informático establecido en Materiales y métodos. Las

barreras más importantes, según el orden aportado por el histograma, son las siguientes:

1 B-8(N)- Limpieza y desinfección de edificios, tanques, filtros, conducciones de agua y aire y equipo (N).

2 B-6(MR)- Existencia de llantilubios y pediluvios a la entrada del área de cuarentena para la desinfección de vehículos y personas (MR).

3 B-4(N) - Existencia de medios de desinfección para la entrada a los almacenes (N)

4 B-2(N)- Control de vectores (N).

5 B-7(N) - Control de la entrada de operarios, administrativos, vehículos y otros vectores de la enfermedad, para prevenir la propagación de infecciones procedentes de otras áreas y del ambiente en general (N).

6 B-3(N)- Correcto almacenaje de los alimentos (N).

La importancia de las barreras antes mencionadas es destacada también por diferentes autores como Chávez y Montoya (2004) y Fuentes *et al.* (2020), quienes las mencionan entre otras defensas, ya que permiten aislar al animal evitando la introducción y propagación de la enfermedad en las instalaciones camaroneras.

El estudio de importancia de defensas se ha extendido para ambos patrones (ideal y degradado) y para todos los tipos de defensas contenidas en los casos (reductores de frecuencia, barreras y reductores de consecuencias).

La tabla 4 (el código de las defensas corresponde al convenio informático establecido en Materiales y métodos) muestra una comparación entre defensas importantes para ambos patrones, lo que arroja similitudes y demuestra la trascendencia de estas en cualquier condición. También vale resaltar que en el patrón ideal se presentan mayor número de barreras y de reductores de frecuencia que en el degradado, lo cual le brinda al primero mayor protección y seguridad en cuanto a vías de introducción del patógeno. Todo el resultado brindado permite identificar las debilidades que presenta el patrón degradado, respecto a defensas contra el IHHNV.

Las defensas listadas son de vital importancia y son reflejadas por diferentes autores como OIE (2020) y Fuentes *et al.* (2020), quienes las mencionan por considerar que permiten aislar al animal, evitando la

introducción y propagación de la enfermedad en las instalaciones camarónicas.

Finalmente, debe aclararse que el patrón degradado coincide con la situación actual de la camaricultura cubana, lo que denota la debilidad que existe en la realidad con las defensas empleadas. Esto significa que, de presentarse la enfermedad, existe mayor riesgo de introducción y diseminación.

La diferencia que existe entre el patrón ideal y el degradado, en cuanto al nivel de riesgos, está muy relacionada con la inhabilitación de medidas de defensa que, en el caso de Cuba, tiene conexión con la falta de planificación y malas prácticas de bioseguridad, en general atribuibles a una baja cultura de la bioseguridad.

La aplicación de este estudio al diseño de una estrategia de bioseguridad se basa en el principio de considerar en su concepción los reductores de frecuencia, barreras y reductores de consecuencias antes mencionados. Estos van enfocados a controlar las posibles vías de introducción y diseminación del patógeno.

Tabla 4. Comparación de importancia entre las defensas (Barreras y Reductores de frecuencia) del patrón ideal y degradado.

Patrón Ideal	Patrón Degradado
Barreras	
B-8(N)- Limpieza y desinfección de edificios, tanques, filtros, conducciones de agua y aire y equipos (N) B-6(MR)- Existencia de llantilubios y pediluvios a la entrada del área de cuarentena para la desinfección de vehículos y personas (MR) B-4(N)- Existencia de medios de desinfección para la entrada a los almacenes (N) B-2(N)-Control de vectores (N) B-7(N)- Controlar la entrada de operarios, administrativos, vehículos y otros vectores de la enfermedad, para prevenir la propagación de infecciones procedentes de otras áreas y del ambiente en general (N) B-3(N)- Correcto almacenaje de los alimentos (N)	B-8(N)- Limpieza y desinfección de edificios, tanques, filtros, conducciones de agua y aire y equipos (N) B-7(N)- Controlar la entrada de operarios, administrativos, vehículos y otros vectores de la enfermedad, para prevenir la propagación de infecciones procedentes de otras áreas y del ambiente en general (N) B-5(B)- Monitoreo del sistema de cultivo diariamente en búsqueda de problemas de salud (B)
Reductores de frecuencia	
RF-20(N)- Correcta ubicación de las salas de bombeo evitando que se encuentre cerca el área con vertimiento de agua residuales (B) RF-21(N)- Correcta disposición de aguas residuales y sólidos (N) RF-9(N)- Programa de bioseguridad (N)	RF-9(N)- Programa de bioseguridad (N) RF-14(N)- Monitoreo de la calidad de las condiciones del cultivo el cual se realiza de forma diaria (N) RF-17(N)- Sistema de HACCP /Análisis de Peligro y puntos críticos de control/ (N)

Debe aclararse que la aplicación de un método de estudio como el propuesto por la FDA (FDA, 2004), el cual establece el empleo del HACCP, tendría como dificultad la imposibilidad de medición sistemática del efecto de las defensas para cada peligro, lo cual se asocia a la no existencia de una medida de efectividad de cada defensa (robustez) en la concepción de este método. Dado que no se conoce la capacidad de las defensas en el control de cada peligro, no es posible medir su permanencia parcial o solución total (aceptación o rechazo del riesgo remanente), una vez implementada las defensas correspondientes. En situación similar se encuentra la matriz de riesgo propuesta por la normativa de gestión de riesgos ISO 31000 (ISO, 2018). Esta dificultad queda salvada con el empleo de la matriz tridimensional de riesgo.

La estrategia de bioseguridad propuesta debe estar basada en dos principios básicos que son:

Medidas de exclusión: son todas aquellas medidas que se toman en los diferentes puntos donde es más probable la introducción y diseminación de patógenos.

Medidas de prevención: son todas las medidas que se toman para que la especie en cuestión (camarón), esté libre de estrés, y por ende, en mejores condiciones inmunológicas, lo que coincide con lo planteado por Castro (2020) y Chávez y Montoya (2004), quienes destacan que las medidas preventivas deben estar enfocadas a proporcionar las condiciones de cultivo necesarias para el desarrollo óptimo de los organismos en cultivo.

En los dos tipos de medidas planteadas sobre la estrategia de bioseguridad, se sistematizan a modo de síntesis todas las defensas empleadas en los casos modelados. Esto significa que siempre podrá encontrarse una relación de cada ítem de las medidas con las barreras y reductores utilizados en los patrones de riesgo desarrollados.

La ventaja de los patrones de riesgo modelados es que permiten dirigir cada defensa hacia los peligros o iniciadores relacionados. Esta capacidad se pierde

cuando se hace un esbozo general como el planteado en la estrategia de bioseguridad, según Chávez y Montoya (2004) y Castro (2020).

Otra capacidad que se logra con los patrones modelados es la clasificación por importancia de las defensas, lo que posibilita identificar las de más trascendencia. Este aspecto es otro de los atributos que resalta en la modelación realizada.

Desafortunadamente, en los estudios de bioseguridad referenciados anteriormente (Castro, 2020; Chávez y Montoya, 2004), es muy común encontrar esquemas generalizados y no medidas de defensa especializadas. Esta es una capacidad que distingue a esta investigación.

Conclusiones

Cuba, aunque libre de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa (IHHNV) en la actualidad en sus granjas de cultivo, resulta un escenario de alta vulnerabilidad, por el estado degradado de la bioseguridad en que hoy se encuentran sus instalaciones. Ello es resultado de una situación combinada de baja cultura de la bioseguridad y de falta de planificación para implementar adecuadas estrategias de protección.

La investigación esbozada en el documento permite conocer el riesgo para la IHHNV en un modelo ideal, donde se incorpora lo más avanzado a nivel mundial respecto a protección del cultivo del camarón blanco, gracias a la aplicación de buenas prácticas de bioseguridad y tecnologías modernas. Así mismo, y en contraposición, consigue describir el riesgo en un escenario degradado, donde varias de las medidas de defensa más efectivas del modelo ideal, se encuentran inhabilitadas, dado el estado de las prácticas e instalaciones. En este modelo degradado se refleja la situación en la que se encuentra el desarrollo de este cultivo en la isla.

El estudio permite identificar cuales medidas de defensa deben restaurarse en el menor tiempo posible, para conseguir la adecuada protección frente a la IHHNV. Ello es un resultado particular de la aplicación del método de la matriz tridimensional de riesgo,

en el cual la efectividad de las medidas de defensa forman parte de la ecuación de determinación del riesgo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de Alimentación de Cuba, por dar acceso a las instalaciones empleadas como objeto de estudio, así como por facilitar la información disponible en sus archivos.

Declaraciones

Contribución de los autores

“Conceptualización, RAM y ATV; Metodología, ATV; Investigación, RAM, ATV, JAR y MRL; Análisis formal, ATV; Investigación, RAM, ATV, JAR y MRL; Recursos, RAM y ATV; Curación de datos, RAM y ATV; Escritura - Original “Preparación del borrador”, RAM y ATV; Escritura - Revisión y edición, RAM, ATV, JAR y MRL; Visualización, RAM, ATV, JAR y MRL; Supervisión, RAM, ATV, JAR y MRL; Administración del proyecto, RAM y ATV; Adquisición de fondos, RAM y ATV”

Financiamiento

No se recibió ningún tipo de financiamiento para la realización de este estudio.

Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses financieros o no financieros que declarar que sean relevantes para el contenido del manuscrito.

Comportamiento ético

Se han seguido todas las recomendaciones aplicables tanto internacionales, nacionales como institucionales relacionadas con el uso y manejo de animales para la investigación.

Permisos de muestreo y otros permisos

Los autores trabajaron con resultados mostrados por otras investigaciones, sin necesidad de realizar muestreos en la instalación objeto de estudio.

Referencias bibliográficas

- Argote, E., Fernández, A., Rodríguez, O. (2009). Análisis de riesgo, proceso de amplia aplicación. *Rev. Cub. Cienc. Avic.*, 33 (1), 3-5.
- Beeckman, D.S.A., Rüdelsheim, P. (2020). *Biosafety and Biosecurity in Containment: A Regulatory Overview*. *Front Bioeng Biotechnol.*; 8:650. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00650>
- Borges, R.O. (2012). *Modelo de análisis de riesgo en postlarva de camarón de la especie Litopenaeus vannamei*. (Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en Ciencias Biológicas). Cuba: José Martí.
- Castro, M.D. (2020). *Prevalencia del virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética Infecciosa (IHHNV) en Litopenaeus vannamei de producción comercial mediante PCR en Empagran en la provincia del Guayas*. (Trabajo de Diploma). Guayaquil, Ecuador: universidad católica de Santiago de Guayaquil; hh 11-17.
- Chávez, M.C., Montoya, L. (2004). Medidas de bioseguridad para evitar la introducción y dispersión de enfermedades virales en granjas Camaronícolas. En *Symposium Internacional de Nutrición Acuicola VII* (pp. 16-19). Hermosillo, Sonora, México: Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.
- Cuéllar-Anjel, J. (2013). *Necrosis infecciosa hipodérmica y hematopoyética (IHHN). Síndrome de deformidad y enanismo (runt deformity syndrome) (RDS)*. 4ta ed. Carolina del Norte, España: Institute for International in Animal Biologics
- FAO y OMS. (2018). *Technical guidance for the development of the growing area aspects of bivalve molluscan sanitation programmes*. 1 ed. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO; p. 402.
- FAO (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura: cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. 1 ed. ROMA: ©FAO/SiaKambou; ISBN 978-92-5-130688-8.
- Fink, S. (2010). Bioseguridad: una responsabilidad del investigador. *Medicina (Buenos Aires)*, 70(3), 299-302.

- Food and Drug Administration (FDA) (2004). *Guidance for Industry. Seafood Hazard Analysis Critical Control Point Hazards and Control Guidance*. First Edition,
- Fuentes, J.L., Cabrera, T., León, J., Figueredo, A., Patti, J., Silva, J., et al. (2020). Biosecurity on penaeid shrimp farming: A review. *AquaTechnica* [en línea]. [Citado: 02 febrero 2022]; 2 (1). Disponible en: <https://doi.org/10.33936/at.v2i1.2409>. ISSN 2737-6095.
- GENICS (2020). *Infectious Hypodermal and Haematopoietic Necrosis Virus (IHHNV)* [en línea]. Australia;. Disponible en: <http://www.genics.com.au/education/#flyers>
- Guevara, M., Alfaro, R. (2012). Patógenos introducidos al Perú en post larvas de *Litopenaeus vannamei* importadas. *Rev. Peru. Biol.*, 19 (2), 181-186.
- Guzman-Sáenz, F.M. (2009). Virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV) y virus del síndrome de Taura (TSV) en camarón silvestre (*Farfantepenaeus aztecus*, 1891 y *Litopenaeus setiferus linnaeus*, 1767) de la Laguna madre, Golfo de México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* [en línea]. [Citado: 13 noviembre 2019]; 44: 663-672. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572009000300012&nrm=iso. ISSN 0718-1957.
- Hadad, J.L. (2014). *Acciones de bioseguridad en la obtención de componentes sanguíneos del Banco de Sangre Provincial Holguín*. (Tesis de Maestría en Bioseguridad). IN-STECC. La Habana, Cuba
- Higuera Angulo, E. (2005). *Evaluación de la Tasa de Desempeño en la Producción en granjas de engorda del camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en función del Alimento e Índice de Buenas Prácticas*. (Tesis de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente). Instituto Politécnico Nacional, México.
- IAEA (2016). Application of the Risk Matrix Method to Radiotherapy. In *IAEA-TECDOC-1685*, IAEA. Vienna. Disponible en: <https://www.iaea.org/publications/10904/application-of-the-risk-matrix-method-to-radiotherapy>
- ISO 31000 (2018). Gestión de riesgo – Directrices. <https://dgn.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:vl:es>
- Jahncke, M., & Schwarz, M. (2008). HACCP and other programs to ensure safe products and for sustainable fish farming. In *Improving farmed fish quality and safety* (pp. 517-546). Woodhead Publishing.
- Lee, C. y Bullis, R.A. (2003). *Biosecurity in aquaculture production systems: Exclusion of Pathogens and Other Undesirables*. 2da ed. Louisiana, United States: The World Aquaculture Society.
- Lightner, D.V. (2006). Biosecurity in shrimp farming pathogen exclusion through use routine surveillance. *J. World Aquacult. Soc.*, 36 (3), 10-14.
- Lightner, D. (2011). *Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis (IHHN) (Also known as infection with Penaeus tylosidensis virus [PstDNV])*. 4 ed. Australia: Department of Agriculture, Fisheries and Forestry.
- Lightner, D. (2001). *A handbook of shrimp pathology and diagnostic procedures for diseases of cultured penaeid shrimp*. Louisiana. 2 ed. United States: World Aquaculture Society.
- Morales Covarrubias, M.S. (2010). *Enfermedades del Camarón: Detección mediante análisis en fresco e histopatología*. 2da edición, Trillas, México. DF.
- OIE (2020). *Listed diseases, infection and infestation in force in 2020* [en línea]. Francia: World Organisation for animal health (OIE); [Citado: 22 abril 2020]. Disponible en: <http://www.oie.int/en/>.
- Parajeles, J.F. (2019). *Presencia y genotipos del virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV) en fincas de cultivo de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en Costa Rica*. (Trabajo de Diploma). Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica.
- Pruder, G. D. (2004). Biosecurity: application in aquaculture. *Aquacultural engineering*, 32(1), 3-10.
- Ramírez, C. (2022). *Determinación de dos formas del virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa en camarón blanco Litopenaeus vannamei en Guasave*,

- Sinaloa*. (Trabajo de diploma). Escobedo, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2016.
- Rodríguez Dueñas, J., y González Almián, C. (2017). Desarrollo de la bioseguridad en la República de Cuba. *Revista Argentina de Bioseguridad*. [Internet], 5(5), 85-96.
- Safeena, R.P.S. (2012). Genomics, Molecular Epidemiology and Diagnostics of Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus. 2da ed. Indian: *Indian J. Virol.*, 203-214.
- Sierra, K., Torres, A. (2020). Matriz de Riesgo Tridimensional Aplicada a una Evaluación de Bioseguridad en una Práctica de Hemodiálisis. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*; 21 (1): 13-21.
- Torres Valle, A., Amador Balbona, Z., Alfonso Laguardia, R., Elías Hardy, L. (2021). SECURE-MR-FMEA código cubano para análisis integral de riesgo de prácticas con radiaciones ionizantes, *Revista Nucleus*, 69, 44-55, <http://nucleus.cubaenergia.cu/index.php/nucleus/article/view/727/944>
- USDA. (2019). *Biosecurity and Prevention of Aquaculture Diseases* [en línea]. United States: United States Department of Agriculture; Disponible en: <http://www.aphis.usda.gov>.
- Varela, A., Peña, N. (2017). *Transfronterización de enfermedades infecciosas en la camaronicultura* [en línea]. Costa Rica: Universidad Técnica Nacional de Costa Rica [Citado: 18 abril 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/318282630>.
- Yang, B. (2007). Evidence of existence of infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus in penaeid shrimp cultured in China. China: *Vet. Microbiol.*, 63-70.
- Yanong, R.P., Erlacher-Reid, C. (2012). *Biosecurity in aquaculture, part 1: an overview*. SRAC publication, 4707, 522.

Como citar este artículo

Ajo Melia, R., Torres Valle, A., Azanza Ricardo, J., Rubio Limonta, M. (2023). Estrategia de prevención para la infección viral con Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética en el cultivo de camarón. *Rev. Invest. Mar.*, 43(2), 80-96.