

UNIVERSIDAD ESTATAL DE SONORA

UNIDAD ACADÉMICA NAVOJOA



**Manual para la operación de granjas camaronícolas del
estado de Sonora con un enfoque sustentable**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BIOSUSTENTABLES**

Presenta:

Manuel de Jesús Quiroz Álvarez

Navojoa, Sonora, México.

Julio de 2019

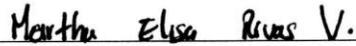
ACTA DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité designado para revisar el trabajo de titulación titulado **Manual para la operación de granjas camaronícolas del estado de Sonora con un enfoque sustentable**, presentado por **Manuel de Jesús Quiroz Álvarez**, lo han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Sistemas de Producción Biosustentables.



Dr. Anselmo Miranda Baeza

Director



Dra. Martha Elisa Rivas Vega

Sinodal



M.C. Ma. de los Angeles Mariscal López

Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo otorgado con número de registro **633879** para poder cursar la maestría mediante el proyecto denominado “Manual para la operación de granjas camaronícolas del estado de Sonora con un enfoque sustentable”

A la Universidad Estatal de Sonora, por haberme aceptado en el Posgrado, por permitir el uso de sus instalaciones y por el apoyo recibido de todo su personal, especialmente a mis maestros, Dra. Martha Elisa Rivas Vega, Dr. Sergio Pablo Ozuna Amarillas. Sin olvidar el apoyo incondicional de aquellos que durante el tiempo que duró este proyecto al M. C. Jesús Lizárraga.

A mi maestro y director de tesis, Dr. Anselmo Miranda Baeza, por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias, y por su apoyo y dirección para realizar este proyecto.

A mis compañeros de maestría Ana Sarahi, Maury, Javier Rodríguez y Carlos Moreno por su amistad y el tiempo que compartieron conmigo.

Al Comité de sanidad Acuícola del estado de sonora A.C (COSAES), empresa donde laboro, por su apoyo incondicional que me brindo durante el tiempo que duró este proyecto.

A la unidad de producción Quinta San Fabian Acuacultores SPR DE RL DE CV y todo su personal por sus muestras de apoyo en el seguimiento al proyecto.

A mi familia, mis amigos y compañeros del gremio, por brindarme su confianza y aliento a seguir avanzando en la vida.

Y a toda la gente que de una u otra forma contribuyeron para la realización de este trabajo.

ÍNDICE.

Capítulo 1. Importancia y consideraciones del cultivo de camarón.	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Importancia económica del cultivo de camarón.....	2
1.3. Estadísticas de producción de camarón.....	3
1.4. Bioseguridad en instalaciones de producción de camarón.....	6
1.4.1. Descripción y aplicación de conceptos básicos de epidemiología.	6
1.4.2. Tipos y diseño de los controles de acceso a las unidades de producción.	7
1.4.3. Manejo de áreas susceptibles de contaminación.....	8
1.4.4. Principales acciones preoperativas.....	8
Capítulo 2. Manejo técnico durante el proceso de siembra.....	11
2.1. Introducción.....	11
2.2. Selección del laboratorio proveedor de postlarvas.....	11
2.3. Evaluación de la calidad de las postlarvas.....	12
2.4. Transporte de postlarvas desde laboratorio de producción.....	13
2.5. Recepción de los organismos	13
2.6. Plan de contingencia en recepción de organismos.	15
2.7. Aclimatación de los organismos	17
2.8. Uso de áreas de maternización / precrías.....	19
2.8.1. Sistema de filtrado en maternidades.....	19
2.8.2. Desinfección de instalaciones.....	20
2.8.3. Tratamiento de agua.....	21
2.8.4. Desactivación de productos químicos.....	21
2.8.5. Control de plagas y enfermedades.....	22
2.8.6. Evaluación de puntos críticos de control.....	23
2.8.7. Medidas contra epidemias.....	23

2.9. Siembra de estanquería rustica.....	27
2.9.1. Llenado de estanques.....	28
2.9.2. Control de organismos silvestres, depredadores, vectores y plagas	29
2.9.3. Promoción de productividad primaria	29
2.9.4. Estrategias para mejorar la de calidad del agua.....	31
2.9.5. Higiene y desinfección de instalaciones	32
Capítulo 3. Aspectos nutricionales de los organismos cultivados.	34
3.1. Introducción	34
3.2. Selección del alimento balanceado	35
3.3. Pruebas de Integridad, estabilidad y flotabilidad	36
3.4. Cálculo de consumo de alimento.....	37
Capítulo 4. Calidad de agua de parámetros físico-químicos.	38
4.1. Introducción.....	38
4.1. Temperatura.....	39
4.2. Oxígeno disuelto	39
4.3. Ph.....	41
4.4. Salinidad.....	42
4.5. Monitoreo de plancton.....	43
4.6. Amonio, nitritos y nitratos.	44
4.7. Recambio de agua	46
Capítulo 5. Proceso del cultivo de camarón en sistemas semi-intensivos	48
5.1. Introducción.....	48
5.1.1. Naturaleza de las enfermedades.....	48
5.1.2. Factores que afectan la salud y el crecimiento del camarón.	49
5.2. Evaluación del crecimiento (biometrías).....	50
5.3. Muestreos de población.....	51
5.5. Planes de contingencia ante la sospecha de enfermedades.....	52
Capítulo 6. Proceso de Cosecha.....	53

6.1. Introducción	53
6.2. Evaluación de la muda	54
6.3. Proceso de pesado, enhielado y envío de producto	56
Capítulo 7. Análisis de la información.	58
7.1. Introducción.....	58
7.1. Análisis estadísticos	58
Conclusiones.....	59
Literatura citada.....	60

Capítulo 1. Importancia y consideraciones del cultivo de camarón.

1.1. Introducción.

La camaronicultura es una actividad que ha tenido un gran crecimiento en las últimas décadas. Los diversos sistemas de cultivo, en general, crean un ambiente que favorece la proliferación de diversos agentes infecciosos que pueden afectar considerablemente la supervivencia y el crecimiento de los organismos cultivados (Jiravanichpaisal *et al.*, 1994). A nivel mundial se han reportado diversos patógenos, los cuales han causado severas pérdidas económicas. En la actualidad estos patógenos son fácilmente transportados de una región a otra, gracias a múltiples actividades antropogénicas, incluyendo las relacionadas con la acuicultura.

Ante las diferentes eventualidades que se han presentado en el sector camaronícola en Sonora, ha sido necesario implementar estrategias sanitarias relacionadas con el proceso de cultivo. Es necesario que las granjas camaronícolas implementen buenas prácticas de producción, con base en la normatividad vigente, además de considerar los conocimientos y experiencias de los productores, así como de las instituciones de investigación y de técnicos con reconocido prestigio en Sonora. Estas estrategias permitirán minimizar los riesgos de la presencia y transmisión de enfermedades (COSAES, 2017).

Para promover el manejo integrado en cada fase del cultivo de camarón se desarrolla el presente manual. El propósito es disminuir los riesgos de aparición de enfermedades y su dispersión.

En la actualidad cada país a través de la autoridad sanitaria establece leyes, normas y lineamientos en concordancia con regulaciones internacionales, para definir el rumbo de la actividad acuícola, facilitando el cultivo de especies que permitan mantener el bienestar social y económico, cuidando de los hábitats naturales, de las especies endémicas y minimizando el impacto ambiental (LGPAS, 2007).

1.2. Importancia económica del cultivo de camarón.

México tiene algunas ventajas con las cuales puede convertirse en uno de los principales productores de camarón de América y del mundo. Entre ellas se destacan las siguientes:

- La línea de costa de México es de 11,543 km, con más de 123 lagunas costeras y un área aproximada de 12,555 km² (Malagrino *et al.* 2008).
- Cercanía al principal mercado mundial de productos pesqueros Estados Unidos de América.
- Especies nativas con excelentes características acuiculturales, como el camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y el camarón azul (*Penaeus stylirostris*).

El Estado de Sonora es el más productivo del país y contribuye con el 38% del total de la producción pesquera nacional. Ocupa el primer lugar como productor de camarón de cultivo. Considerando el potencial de la actividad acuícola y pesquera, el Estado dispone de 1,207 Km de litoral, mar territorial de 33,451 Km², una plataforma continental de 29,411 Km², 57,000 ha de lagunas litorales y 47,084 ha de embalses, por lo que alguna parte de ésta vasta zona puede aprovecharse para nuevos desarrollos acuícolas, siempre y cuando se consideren todos los lineamientos y recomendaciones relacionados con la sustentabilidad y conservación ambiental.

Actualmente en el Estado de Sonora se cuenta con 25,520 ha de espejo de agua, distribuidas en 154 unidades de producción acuícola (Figura 1) (SAGARHPA, 2016).



Figura 1. Ubicación de las unidades de producción acuícola en el estado (COSEAES, 2018).

El cultivo de camarón ha tenido efectos significativos en las economías locales y regionales contribuyendo a la creación de empleo y desarrollo económico general, sin embargo, en la actualidad esta actividad se ve amenazado por diferentes situaciones, entre ellas la presencia de enfermedades, el incremento del precio de insumos y la globalización de los mercados.

1.3. Estadísticas de producción de camarón.

La producción de la pesca mundial fue de 90.9 millones de toneladas en 2016, un pequeño descenso en comparación con los dos años anteriores. La pesca en aguas

marinas y continentales representó un 87.2% y un 12.8% del total mundial, respectivamente (FAO, 2018).

La producción acuícola mundial en 2016 fue de 80.0 millones de toneladas de pescado comestible y 30.1 millones de toneladas de plantas acuáticas, así como 37,900 toneladas de productos no alimentarios. La producción de pescado comestible cultivado ascendió a 54.1 millones de toneladas de peces de aleta, 17.1 millones de toneladas de moluscos, 7.9 millones de toneladas de crustáceos y 938,500 toneladas de otros animales acuáticos, la Figura 2 muestra el estado actual que guarda la acuicultura con respecto a la pesca (FAO, 2018).

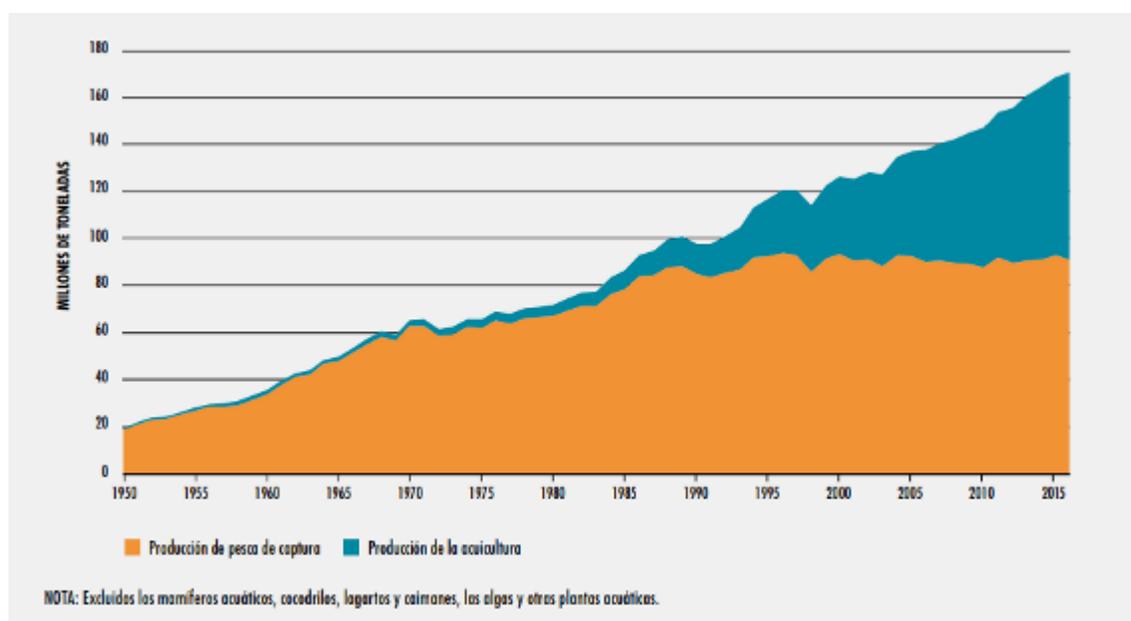


Figura 2. Estado actual de la pesca y acuicultura (FAO, 2018).

Las estadísticas de producción de camarón en México, muestran el efecto de las enfermedades como el ocurrido en el 2013 con presencia de la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), (CONAPESCA, 2017).

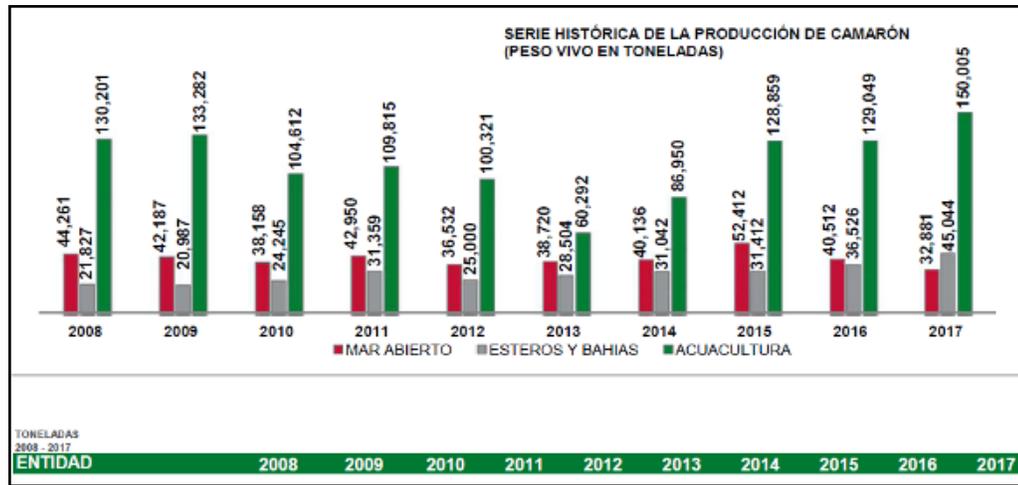


Figura 3. Estadísticas de producción de camarón en México (CONAPESCA, 2017).

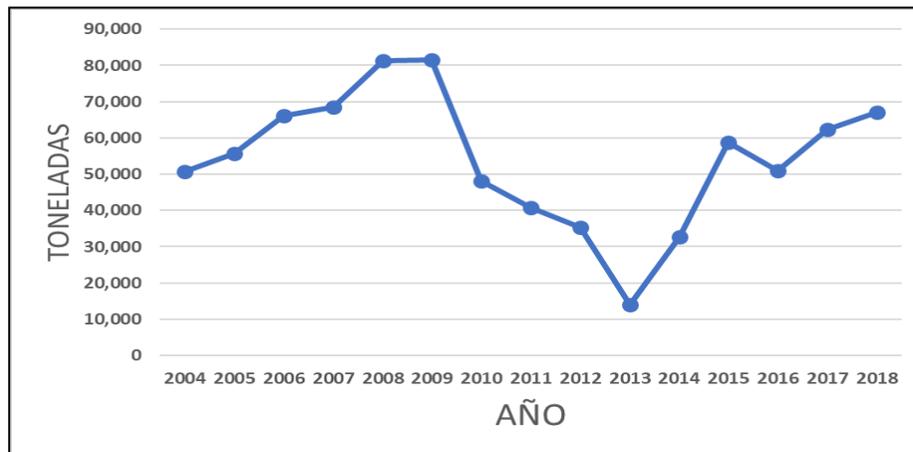


Figura 4. Historial de producción de camarón de cultivo en el Estado de Sonora (COAES, 2018).

1.4. Bioseguridad en instalaciones de producción de camarón.

La adopción de medidas de bioseguridad en las unidades de producción requiere de una inversión económica variable que implica la implementación de sistemas de control, los cuales pueden ser desde muy básicos hasta muy sofisticados. Sin embargo, los productores deberán realizar una evaluación objetiva, comparando el costo contra el beneficio al aumentar la sobrevivencia y la biomasa de cosecha. Cabe resaltar que en ocasiones la implementación de medidas de bioseguridad, requieren de organización y control de los procesos más que de la adquisición de dispositivos o equipos costosos.

1.4.1. Descripción y aplicación de conceptos básicos de epidemiología.

Los conocimientos de los conceptos básicos de epidemiología son de gran importancia para el manejo de enfermedades. También son importantes, los registros de información durante todas las fases de producción. El procesamiento adecuado de los datos durante el desarrollo del cultivo, permite tomar de decisiones oportunas y minimizar los riesgos (FAO, 2011).

Epidemiología: Es el estudio de cómo se distribuyen las enfermedades en las poblaciones (en el tiempo y en el espacio), así como los factores que influyen o determinan su distribución (Figura 5).

Periodo prepatogénico: Se refiere a la ruptura del equilibrio en la interacción entre un animal, el agente etiológico y el medio ambiente.

Periodo patogénico: Se refiere a la aparición de los primeros signos clínicos de la presencia de una enfermedad, en esta etapa aparecen diversas tasas de prevalencia.

Periodo pospatogénico: Se observan consecuencias del avance de la enfermedad inducida por los agentes causales que va desde la curación, situación de enfermedad crónica, incapacidad o muerte.

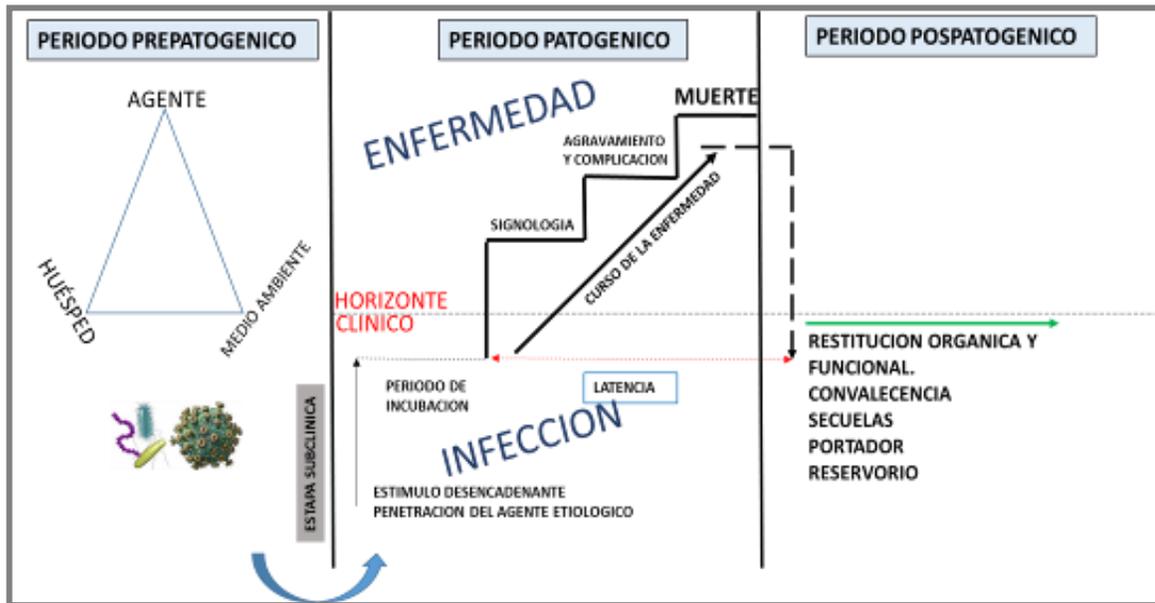


Figura 5. Diagrama de la historia natural de la enfermedad.

1.4.2. Tipos y diseño de los controles de acceso a las unidades de producción.

El objeto del control de entradas y salidas a las unidades de producción, además de los movimientos internos está enfocado a reducir al mínimo indispensable la entrada de personas, animales, vehículos, productos y cualquier material que represente riesgo sanitario.

La entrada a las granjas deberá contar con vado, arco sanitario o equipo de aspersión, para desinfectar los vehículos que ingresen (Figura 6). El líquido desinfectante deberá exhibir propiedades bactericidas, viricidas y fungicidas de amplio espectro para garantizar la desinfección. En el vado es necesario vigilar y

mantener permanentemente el nivel del agua con el desinfectante en la concentración recomendada; además se recomienda que tenga un sistema de drenaje que permita su limpieza.



Figura 6. Control de ingreso y vado sanitario con desinfectante.

1.4.3. Manejo de áreas susceptibles de contaminación.

Almacenes de insumos: Se ubicará junto a la cerca perimetral con acceso para recepción de materiales (zona con potencial de contaminación)

Oficina: Se deberá ubicar cerca de la entrada principal con acceso al cerco perimetral para atención exterior.

Estación de cosecha: Se deberá contar con una rampa para carga y descarga de organismos vivos y/o producto. Se sugiere que sea instalada en el borde de la cerca perimetral, con el fin de que los camiones de embarque y desembarque de organismos (larvas) no entren al área de producción (zona con potencial de contaminación)

1.4.4. Principales acciones preoperativas.

Las actividades preoperativas están enfocadas a mejorar las condiciones de las instalaciones, infraestructura hidráulica, mantenimiento de equipo y materiales, que a su vez permitan un desarrollo adecuado del cultivo de camarón. Para tal efecto los productores deberán sujetarse a los lineamientos para cada fase del cultivo (Tabla 1), establecidos en el protocolo de siembra, engorda, cosecha y postcosecha de camarón en el Estado de Sonora (publicado en el boletín oficial del gobierno del Estado de Sonora 2017, tomo CXCIX).

Tabla 1. Cronograma de actividades durante el ciclo de producción con base en la normatividad

Actividades a realizar	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Acciones de postcosechas	x											x
Acciones preoperativas		x	x									
Inicio de llenado de estanques			x	x								
Seguimiento de cultivo			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Acciones de cosecha											x	

La programación de actividades le permite al productor evaluar y priorizar las acciones de mantenimiento de obras de infraestructura y actividades a realizar según la etapa de cultivo.

Las actividades que están sujetas de verificación en la etapa de pre-siembra según protocolo sanitario en granjas de camarón en Sonora se presentan en la Tabla 2).

Tabla 2. Actividades monitoreadas por SAGARHPA-Sonora.

Concepto	Avance de actividades.
Canal de llamada (estero o escollera)	Mantenimiento y desazolve
Cárcamo de bombeo-infraestructura	Limpieza y mantenimiento de equipo
Reservorio	Secado, rastreo y desinfección
Estanques	Recolección de organismos secado, desinfección de charcas o zonas húmedas, rastreo, desinfección de estructuras, colocación de filtros y análisis de fondos (pH y materia orgánica)
Instalaciones y equipo	Laboratorio de análisis patológicos, equipo de medición de fisicoquímicos, equipo de siembra caseta de fumigación y bitácoras de registros
Proyección del cultivo	Laboratorio de origen de las postlarvas, densidad de siembra, fecha de inicio de llenado y fecha de inicio de siembra

Capítulo 2. Manejo técnico durante el proceso de siembra.

2.1. Introducción.

El cultivo de camarón en México se ha fortalecido en los últimos años a través del uso de la biotecnología, esto ha permitido mantener una condición estable a pesar de la presencia de enfermedades. El desarrollo de nuevas y mejores prácticas es un proceso dinámico, cuyo éxito depende de la adopción de las buenas prácticas ya existentes y del aporte de nuevas ideas por parte del personal técnico y operario que labora en las unidades de producción de camarón (Rojas *et al.*, 2005).

El presente apartado señala los principales aspectos que deben ser considerados para el desarrollo adecuado del cultivo de camarón. Las consideraciones contemplan el mantenimiento de las condiciones adecuadas para los organismos durante su cultivo, considerando las interacciones y el cuidado del medio ambiente que rodea a las granjas.

2.2. Selección del laboratorio proveedor de postlarvas

Para la selección adecuada de un laboratorio proveedor de postlarvas, el productor deberá conocer los antecedentes de productividad, programas de mejoramiento genético y procedimientos estrictos de bioseguridad y medidas sanitarias. El laboratorio debe contar con áreas físicas separadas para tratamiento de agua, cuarentena, núcleo genético de calidad; además de áreas adecuadas de aclimatación, maduración, desove y eclosión, cultivos larvarios, cultivo de algas (interior y exterior) así como un área de control de calidad y embarque.

2.3. Evaluación de la calidad de las postlarvas.

La verificación de la calidad de las postlarvas implica una evaluación minuciosa de la salud de los organismos, los cuales deben presentar un buen desarrollo físico, así como un estado nutricional acorde a la edad, ausencia de deformidades y de signos de necrosis. En la tabla 3, se presentan las consideraciones más importantes durante la selección de los organismos.

Tabla 3. Pruebas y evaluaciones necesarias para la selección de postlarvas.

Pruebas físicas		Evaluación documental	
Pruebas	Aceptación	Concepto	Cumplimiento
Muda	10 %	Análisis de reproductores	1 vez al año
Canibalismo	10 %	Certificado de sanidad acuícola de movilización	Vigencia de 2 meses
Intestino	lleno	Aviso de producción (Delegación de pesca)	
Opacidad muscular	≤ 10 %	Guía de transito	diaria
Pruebas de nado	Activas en agua	Bitácoras de parámetros y alimentación	Diario
Prueba de estrés osmótico	85-90 %	Historial clínico	Diario
Talla	>8 mm		
Peso	>0.003 gr		
Desarrollo branquial	6 pares de lamelas		

2.4. Transporte de postlarvas desde laboratorio de producción.

El transporte de los organismos desde el laboratorio a la granja se debe realizar con estrictas medidas de bioseguridad, cuidando mantener los parámetros fisicoquímicos dentro del rango óptimo de la especie, además de una alimentación y monitoreo adecuado durante el traslado. Es importante contar con los permisos y la documentación necesarios para el traslado de las postlarvas (Figura 7).

Durante el tránsito de los vehículos de transporte, se recomienda verificar la temperatura, oxígeno y pH de los contenedores, así como la disponibilidad de alimento al menos cada 2 horas haciendo paradas durante el trayecto y realizando los ajustes correspondientes.



Figura 7. Revisión de transporte de postlarvas en PVI en Sonora.

2.5. Recepción de los organismos

Una vez que el vehículo de transporte llega a las instalaciones de la unidad de producción acuícola (UPA) se procederá a realizar un monitoreo de los parámetros fisicoquímicos de los contenedores. Además, el personal técnico de la granja deberá

extraer una muestra de organismos en agua (en recipientes de 1 litro transparentes) con 100 a 200 postlarvas de cada contenedor para realizar las primeras pruebas del estado fisiológico de los organismos (Figura 8).



Figura 8. Recepción y evaluación de la calidad de las postlarvas.

2.6. Plan de contingencia en recepción de organismos.

Durante el proceso de recepción de los organismos se realizan diferentes evaluaciones de calidad (Tabla 3); la revisión al microscopio es muy importante, sin embargo, el aceptar o rechazar el lote de postlarvas depende que además se cubran los otros requerimientos de control de calidad, como es el nado contracorriente y el porcentaje de sobrevivencia de las pruebas de estrés osmótico.

Cuando un lote de postlarvas sea rechazado en la UPA por no cubrir los requerimientos de control de calidad, se sugiere sacrificar a todos los organismos que lo componen; sin embargo, el laboratorio no está obligado a eliminar los organismos. Por otro lado, si en pruebas realizadas por la granja se detecta algún patógeno de alto impacto, en este caso con el Kit rápido para detección de Wssv (Shrimple®). El laboratorio proveedor de las postlarvas deberá ajustarse al procedimiento descrito en el apartado de medidas contra epidémicas y dar aviso a la autoridad de la medida que se tome.

Cuando sean rechazados los organismos y no se sacrifique el lote, el operador de la unidad de producción deberá notificar inmediatamente a la autoridad competente o al Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora (COSAES) aportando la mayor cantidad de información que respalde la decisión de rechazo, así como la identificación del lote de postlarvas.

En aquellos casos donde los organismos son procedentes de otro estado deberán notificar en el Punto de Verificación Interna (PVI) de estación Don su retorno al laboratorio de origen.

En el caso de que se decida sacrificar el lote se procederá de la siguiente manera

1. Eliminar el suministro de oxígeno en los contenedores
2. Esperar reposo por 30 min.
3. Adicionar cloro 200 ppm (hipoclorito de calcio/hipoclorito de sodio)
4. Dejar reposar por 1 hora
5. Colectar los organismos muertos y enterrarlos en fosas alejados de las granjas con capas de cal y tierra intercaladas a una profundidad donde el producto de la descomposición no llegue al manto freático.
6. Mantener registros en bitácoras para su trazabilidad

Cuando el caso sea de laboratorio del Estado de Sonora se deberá notificar al COSAES para constatar que efectivamente se cumplieron las normas de sanidad y deberán ejecutar los pasos del 1 al 5 como marca este apartado.

En la figura 9 se muestra el esquema sugerido para la recepción de postlarvas.

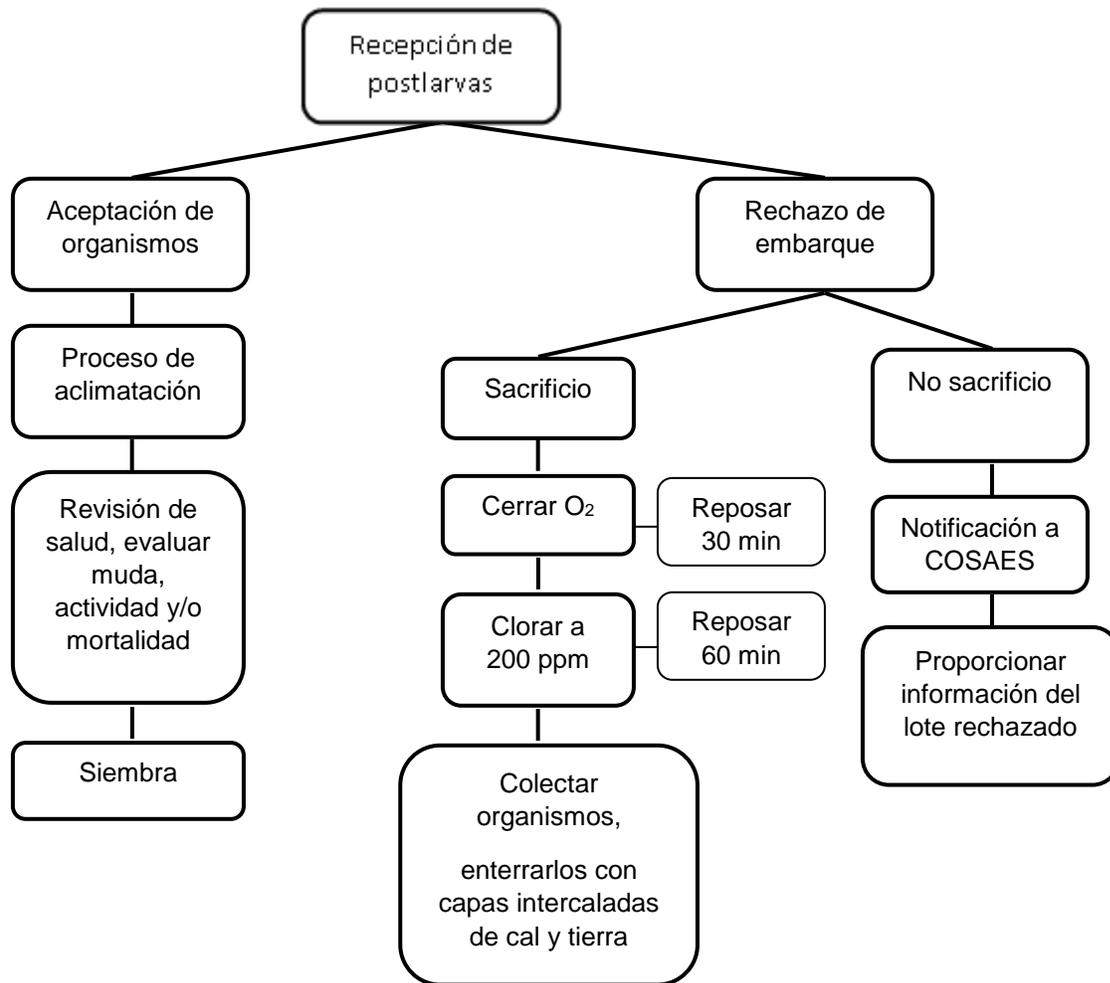


Figura 9. Esquema de manejo durante la recepción de las postlarvas.

2.7. Aclimatación de los organismos

Este proceso se lleva a cabo una vez que se han realizado las pruebas al lote de postlarvas recibido. El propósito de este proceso es igualar las condiciones de parámetros fisicoquímicos entre los contenedores de transporte del laboratorio proveedor y los estanques, tinas o raceways de recepción, atendiendo al principio básico de aclimatación (Figura 10). La aclimatación varía en tiempo dependiendo de las condiciones de cada contenedor, sin embargo, se recomienda no permanecer más de 6 horas aclimatando ya que los organismos pueden tener efectos adversos por el hacinamiento. Se recomienda que las UPAs soliciten al laboratorio proveedor, que las postlarvas sean enviadas en condiciones muy parecidas al ambiente de donde serán recibidas.



Figura 10.- Inicio del proceso de aclimatación

2.8. Uso de áreas de maternización / precrías.

El proceso de maternización es una práctica que se realiza en algunas de las unidades de producción, con el fin de acortar los ciclos de cultivo, al sembrar organismos de mayor talla. Adicionalmente se promueve la resistencia a enfermedades debido a que los organismos presentan un mejor estado fisiológico, lo que les permite responder de manera eficiente a los procesos de siembra, traslado y aclimatación a los estanques de cultivo.

2.8.1. Sistema de filtrado en maternidades.

El sistema de filtrado es el proceso retención de partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión, que pueden contaminar el área de producción.

Los filtros más utilizados son:

- Filtro de peine (ranurado 1 mm) con cama de grava de $\frac{3}{4}$ "
- Arena sílica de 25 micras
- Filtro de carbón activado
- Filtros de cartucho FSI de 5, 15 y 25 micras (Son los más usados) por ser simples y efectivos (Figura 11).



Figura 11. Sistema de filtrado con cartuchos de 5, 15 y 25 μ .

2.8.2. Desinfección de instalaciones.

La principal medida que se recomienda para evitar un brote de enfermedad, es la exclusión. Para ello se requiere de estrictas medidas de bioseguridad en las unidades de producción acuícola, lo cual debe incorporar todos los procedimientos técnicos necesarios, medidas sanitarias aplicadas en forma lógica, para prevenir la introducción y/o diseminación de la enfermedad en las áreas de cultivo de camarón. Un plan de bioseguridad debe incluir un esquema de desinfección de instalaciones adecuado a las diferentes áreas, al tipo de superficie y el producto desinfectante que se va a utilizar Cuéllar-Anjel, J. (2013).

En los diversos materiales que se utilizan en tinas o raceways, como mangueras y tubería en general, la desinfección se realiza con diferentes productos químicos y orgánicos, generalmente a base de compuestos cuaternarios de amonio, cloro en (conducción de agua), formol/alcohol/ácido muriático en (tubería de aireación) y cloro o ácido acético en superficies de contacto.

2.8.3. Tratamiento de agua.

Lámparas UV.

Su función es esterilizar el agua que pasa a través de rayos ultravioleta, los cuales no alteran las características físico-químicas del agua. Básicamente consiste en irradiar el agua con rayos UV, los cuales alteran la estructura del ADN y matan protozoos, bacterias, virus, algas y hongos. Estos grupos de microorganismos son los que cuentan con algunas especies causantes de enfermedades.

Tratamiento con Hipoclorito de calcio

Una vez que se han llenado reservorios o raceways se recomienda adicionar una porción de hipoclorito de calcio al 65 % (cloro) a una concentración de 20 ppm, es decir 29.5 g/m³ (previa filtración) por un periodo de 2 a 12 h.

2.8.4. Desactivación de productos químicos.

Se mide la concentración de cloro presente en el agua, esto se hace utilizando un kit convencional para medir cloro, el resultado tiene que ser cero (nula presencia de cloro). En caso de que se detecte cloro en el agua, se debe adicionar 3 g de Vitamina C (ácido ascórbico) por tonelada de agua. Otro compuesto que permite neutralizar el cloro, es el tiosulfato de sodio en concentraciones de 1 a 3 g/m³. Después de agregar los compuestos neutralizantes se debe proporcionar aireación.

2.8.5. Control de plagas y enfermedades.

El seguimiento de la salud de los organismos durante el ciclo de cultivo, se realiza con la finalidad de identificar la presencia de agentes patógeno y actuar oportunamente, minimizando el riesgo de la presencia y dispersión de alguna enfermedad. Para el análisis de organismos se realizan observaciones y se aplican distintas técnicas de diagnóstico (Tabla 4).

Tabla 4. Tipos de diagnósticos que se realizan para vigilar la salud de los organismos.

Tipo de diagnostico	Características
Análisis en fresco	Este procedimiento permite detectar la presencia de epibiontes o parásitos adheridos a los camarones, así como los cambios en la morfología de los túbulos de la hepatopáncreas
Bacteriología	La muestra representativa debe contener agua de los estanques, así como organismos que presenten coloración rojiza, disminución en la respuesta de huida y aletargamiento, que caracterizan un problema de vibriosis
PCR	La muestra a analizar mediante esta técnica, deberá contener organismos fijados vivos en alcohol al 96 % desnaturalizado, aun cuando estos no manifiesten signos de enfermedad, esta técnica permite detectar una mínima carga viral cuando todavía no se manifiestan signos de la enfermedad.
Histopatología	Es una herramienta utilizada para el diagnóstico de enfermedades, tales como: NHP, TSV, IHHNV y WSSV, entre otros. Estos agentes patógenos producen lesiones celulares tales como: cuerpos de inclusión, cuerpos de oclusión, picnosis, cariorexis e hipertrofia nuclear. Requiere de la fijación de los camarones mediante solución Davidson's, así como la preservación posterior de las muestras en etanol 70%. El tiempo de reacción es muy limitado, debido a que esta técnica detecta niveles avanzados de la enfermedad.

2.8.6. Evaluación de puntos críticos de control.

El análisis de puntos críticos de control, es un proceso sistemático preventivo que le permite desarrollar las actividades mediante un esquema lógico y objetivo. En él se identifican, evalúan y previenen todos los posibles riesgos en cada etapa del proceso, estableciendo medidas preventivas y correctivas para su control. A veces es necesario el diseño y uso de una lista de verificación (check list) de cada rubro. En el caso de la acuicultura un ejemplo se muestra a continuación.

1. Selección del sitio
2. Planeación y cronograma de actividades
3. Infraestructura
4. Adquisición de insumos (biológicos, químicos y físicos)
5. Manejo y control del agua
6. Alimentación
7. Desarrollo del cultivo
8. Bioseguridad

2.8.7. Medidas contra epidemias.

Durante este proceso es importante que el productor y/o el personal técnico de la granja, determinen las principales consideraciones técnicas que permitan mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento de los organismos. A continuación, se mencionan algunos criterios para el manejo adecuado de la fase de maternidad.

1. Establecer un programa de vigilancia permanente de las instalaciones y de los equipos que componen el sistema de cultivo.
2. Establecer el desarrollo de las actividades rutinarias mediante un listado de actividades.
3. Monitorear frecuente del estado de salud de los organismos.
4. Desarrollar programas de alimentación adecuados (cantidad y calidad).
5. Monitorear permanentemente la calidad del agua (PH, compuestos nitrogenados, etc.).
6. Evaluar el desarrollo de los organismos mediante biometrías y estimación de la población.

Aunque en este tipo de cultivos (maternidad) las medidas de bioseguridad, manejo y condiciones para los organismos son más favorables, no están exentas de presentar una situación que afecte su salud.

Cuando se detecte una condición anormal, mortalidad o bien que el resultado un laboratorio de diagnóstico indique positivo para una enfermedad, se deberá dar seguimiento a las siguientes indicaciones.

- El productor debe dar aviso a la autoridad competente de manera inmediata
- Notificar a los demás productores dentro de su zona de influencia para en conjunto determinen las acciones a realizar.
- El personal del organismo auxiliar responsable deberá atender el llamado de manera inmediata para realizar la investigación epidemiológica correspondiente.

- Realizar un monitoreo de los organismos en conjunto con el personal auxiliar.
- Utilizar material y equipo exclusivo para las áreas infectadas o sospechosa.
- Restringir el tránsito de personal entre áreas sospechosas y sanas.
- Restringir la movilización de los organismos.
- Restringir el ingreso del personal no autorizado a la granja y
- Proceder a la desinfección adecuada de vehículos que forzosamente tienen que entrar.

Adicionalmente se recomienda seguir el diagrama que se muestra en la figura 12, el cual indica las acciones necesarias ante una contingencia sanitaria.



Figura 12. Diagrama esquematizado de plan de contingencia.

En la tabla 5 se muestran las medidas epidemiológicas de tipo técnico que deberán ser desarrolladas dependiendo del agente causal.

Tabla 5.- Medidas ante contingencias epidemiológicas.

Agente causal	Medidas de contingencia
Bacterias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar pruebas de sensibilidad y antibiogramas para la selección y/o aplicación del tratamiento adecuado. 2. Procurar que el antibiótico seleccionado cuente con registro de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y que sea para uso acuícola. 3. Respetar la dosis, método de aplicación y los días de tratamiento recomendados por el fabricante. 4. Evaluar oportunamente la efectividad y factibilidad del tratamiento.
Virus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar el tipo de virus. En caso de tratarse de un virus de baja patogenicidad (IHHNV), el cultivo puede continuar siempre y cuando se estime la prevalencia de la enfermedad y sea factible para el productor. 2. En caso de detectar un virus de alto impacto (enfermedades cuarentenarias), y que coincida con mortalidades en campo, se deberá sacrificar el lote de inmediato. 3. Recuperar en la medida de lo posible todos los organismos para su disposición en relleno sanitario aplicando capas intercaladas de cal y tierra. 4. Llevar a cabo procedimientos de limpieza y desinfección de todos los equipos e instalaciones donde estuvieron contenidos los organismos, procurando utilizar desinfectantes con propiedades viricidas. 5. Los equipos eléctricos, electrónicos y de medición deberán ser limpiados de acuerdo a las instrucciones del fabricante y desinfectados aplicando una solución de yodo con esponja.
Por manejo	Aplicar del paso 3 al 5 según lo que marca el protocolo para manejo de enfermedades por virus.

El monitoreo rutinario de los organismos (análisis en fresco), en conjunto con la determinación de bacterias patógenas en agua, organismos y sedimento, permiten la determinación de patrones (Figura 12). El análisis y la interpretación adecuada de la información pueden ayudar en la toma oportuna de acciones para el control de algunas enfermedades.

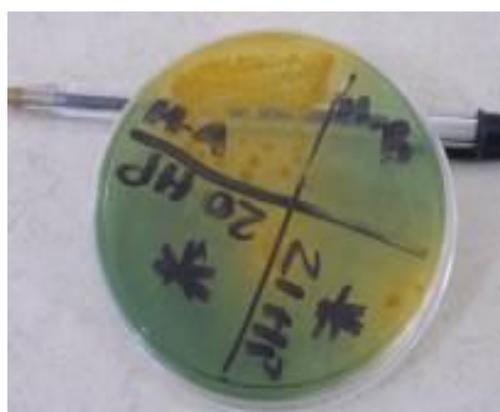


Figura 12.- Monitoreo al microscopio de organismos y monitoreo de bacterias tipo Vibrio, mediante siembra en placas.

2.9. Siembra de estanquería rústica.

Los estanques de cultivo deben ser cuidadosamente inspeccionados antes de sembrarlos. Estos deben contar con un buen afloramiento de algas y estar libres de peces, jaibas, cangrejos u otros organismos que suelen buscar refugio y alimento dentro o a las orillas de los estanques (Rojas *et al.*, 2005).

2.9.1. Llenado de estanques

En el llenado de la estanquería rústica es importante contar con un buen sistema de filtrado y un programa de limpieza eficaz con el fin de evitar la introducción de especies diferentes a las cultivados. Esta acción permite evitar la transmisión de enfermedades, así como el consumo de alimento y el deterioro de la calidad de agua. Los filtros empleados constan de malla antiáfida de 300 micras o tergalina de 250 micras en bastidor o en bolso (Figuras 13 y 14).

Lo ideal es llenar con agua superficial del canal reservorio a través de un proceso lento y llevar el estanque a un nivel de por lo menos 50 cm para fertilización y/o siembra.



Figura 13.- Filtros de bolso de 300 μ

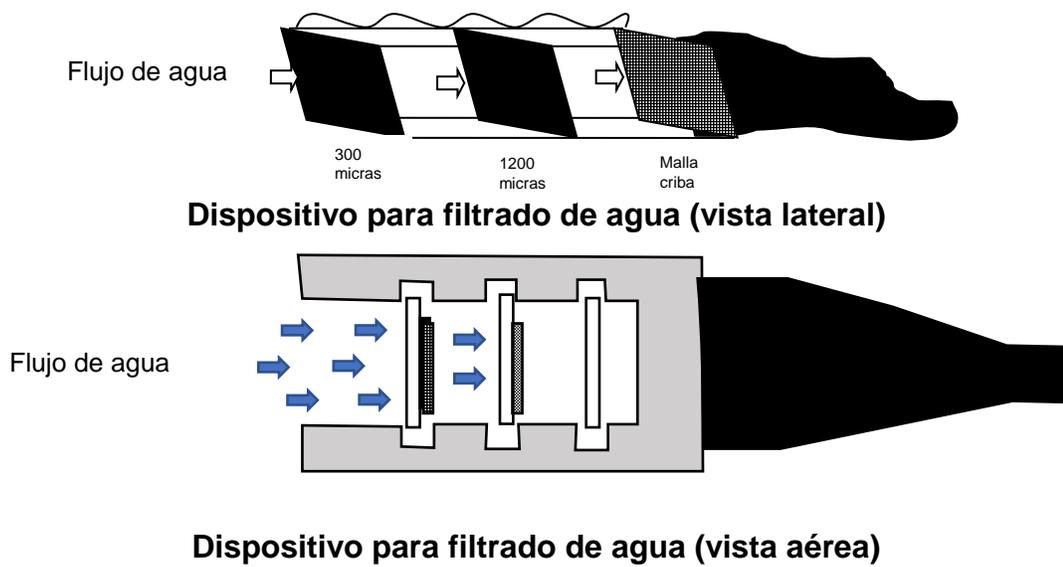


Figura 14.- Esquema de filtrado usado en estanquería rústica

2.9.2. Control de organismos silvestres, depredadores, vectores y plagas

Durante la etapa de llenado existe material biológico y físico que se deposita en los bolsos o bastidores; por lo que es necesario retirarlo y colocarlo en recipientes cerrados para ser tratados con algún producto viricida y posteriormente eliminarlos al relleno sanitario fuera de las instalaciones. Es importante evitar el escurrimiento a la estanquería.

2.9.3. Promoción de productividad primaria

La fertilización inicial de los estanques se realiza para estimular la producción de alimento natural y lograr tener la transparencia del agua dentro de los intervalos apropiados que van de 30-45 cm (Boyd-2001) (Figura 15). Es muy importante que los

estanques estén completamente maduros al momento de realizar la siembra, esto permitirá que haya mayor disponibilidad de alimento natural para los organismos y además mejorara las condiciones ambientales en la columna de agua.



Figura 15. Medición de profundidad del estanque y de transparencia del agua.

2.9.4. Estrategias para mejorar la de calidad del agua

Uso de probióticos en acuicultura.

Un número creciente de probióticos comerciales están siendo ofrecidos para satisfacer la demanda de prácticas ambientalmente amigables en la acuicultura y promover algunas estrategias de sustentabilidad. El uso de consorcios de microorganismos benéficos, se ha realizado de manera empírica, sin embargo, en años recientes existe literatura científica que señala sus beneficios.

En el área de la acuicultura, los probióticos han sido definidos como “microorganismos con efectos benéficos sobre el hospedero por la modificación del ambiente huésped-hospedero o la modificación de su comunidad microbiana, por la mejora en la asimilación de alimento o de su valor nutricional, por mejoramiento de la respuesta del hospedero ante enfermedades o por la mejora en la calidad de su medio ambiente” (Vershuer *et al.*, 2000).

Es importante que los técnicos de las unidades de producción realicen una evaluación objetiva de los diversos probióticos que existen en el mercado, ya que en ocasiones los beneficios no son los esperados, además de que las cepas de bacterias que contienen no pertenecen a ambientes marinos (Huerta-Rábago *et al.* 2019). En este tema las universidades y los centros de investigación pueden apoyar a los productores a tomar las mejores alternativas.

El uso directo de los probióticos en el agua o en el alimento incrementa significativamente los costos, por lo que de manera empírica se han utilizado proceso de bioaugmentación, los cuales permiten multiplicar la cantidad de microorganismos.

En general cada unidad de producción tiene sus propios protocolos. Un esquema general de bioaumentación se muestra en la figura 16.

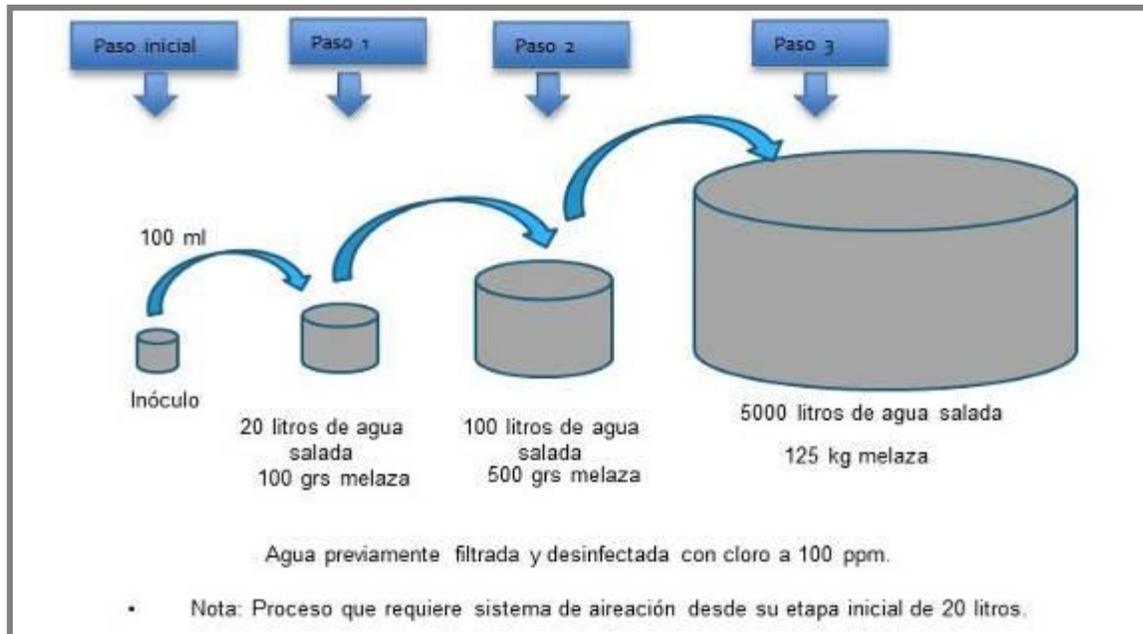


Figura 16.- Esquema de bioaumentación de probióticos usado en las unidades de producción.

2.9.5. Higiene y desinfección de instalaciones

La bioseguridad se refiere al conjunto de medidas pro activas encaminadas a la prevención y o disminución del riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas bacterianas o virales y parasitarias, a poblaciones de animales sanos (Zendejas, 1999).

Estas prácticas establecen un proceso racional y documental para asegurar la calidad del proceso, identificando con precisión los procedimientos más adecuados en la producción, además de conocer y medir los posibles riesgos de contaminación.

Una de las principales acciones relacionadas con la bioseguridad dentro de las unidades de producción es la limpieza de los materiales, equipos, instalaciones y vehículos (Figura 17).



Figura 17.- Desinfección de equipos y materiales.

Capítulo 3. Aspectos nutricionales de los organismos cultivados.

3.1. Introducción

La camaronicultura enfrenta algunos retos importantes para consolidarse como una actividad económicamente viable y ecológicamente sustentable. Entre los más importantes destaca el de maximizar la eficiente utilización de los nutrientes en las dietas mediante la formulación de alimentos cada vez mejores, así como la implementación de adecuadas prácticas de manejo del alimento y de la alimentación (Martínez-Córdova, 2002).

El aprovechamiento de la productividad natural en los sistemas de cultivo es una de las estrategias más recomendadas para minimizar la necesidad de alimento formulado y disminuir el impacto ambiental de los efluentes. En sistemas semi-intensivos, la productividad natural puede soportar la alimentación de la población en cultivo hasta por aproximadamente 30 días a partir de la siembra de postlarvas (entre el 20 y el 30% de la duración de un ciclo típico), dependiendo de la densidad de siembra. Se calcula que la biomasa máxima que puede soportar se ubica entre 100 y 300 kg/ha, después de lo cual será necesaria la utilización de alimento complementario.

En la actualidad las dietas no solamente contemplan el contenido de nutrimentos en general como proteínas, lípidos, carbohidratos, etc. sino que ya se contemplan los requerimientos de aminoácidos o de ácidos grasos específicos para las diferentes especies y situaciones de cultivo. Además, en la actualidad se están promoviendo alternativas de alimentación con productividad bacteriana, en forma de

conglomerados bacterianos “biofloc”. La contribución de los microorganismos a la nutrición del camarón es de gran importancia ya que éstos adicionalmente aportan al camarón enzimas, vitaminas e inmunoestimulantes entre otros, además de reciclar materia orgánica y disminuir la presencia de metabolitos tóxicos en los sistemas de cultivo (Martínez-Córdova *et al.* 2015).

3.2. Selección del alimento balanceado

El alimento necesita aportar el 100% de los requerimientos nutricionales, además de un balance concentrado de nutrientes esenciales. Estos tienen que ser muy apetecibles y digeribles, evitando al mismo tiempo las toxinas y compuestos anti-nutricionales que pueden acumularse en el sistema y aumentar los problemas de salud en los organismos y en el agua.



Figura 18. Aplicación de alimento balanceado.

3.3. Pruebas de Integridad, estabilidad y flotabilidad

La incorporación de ingredientes de calidad en la elaboración de alimentos balanceados para organismos acuáticos, es un factor importante para obtener niveles de crecimiento adecuados. Por lo tanto, un alimento de calidad comienza con ingredientes de “calidad” los cuales deben ser seleccionados de acuerdo a los requerimientos nutricionales para las especies, así como para sus diferentes etapas de vida.

Una prueba muy común en las granjas para determinar ciertas características del alimento, es evaluar integridad, flotabilidad y estabilidad. En estas pruebas el resultado que se obtiene es un dato empírico de la calidad física del alimento; sin embargo, por estos métodos se puede tomar la decisión de cambiar de proveedor o bien que el proveedor revise su formulación.

Integridad: es la proporción de partículas finas que pasan a través de una malla de 100 μ con respecto al total del volumen, esta deberá ser menor al 0.5 %.

Determinación del porcentaje de flotabilidad: Consiste en adicionar 10 g de alimento balanceado en un litro de agua de mar y evaluar cuantos pelets se precipitan en el recipiente en 1 minuto.

Estabilidad: Consiste en dejar reposar los pelets en un recipiente con 1 L de agua de mar y evaluar en cuanto tiempo empiezan a reblandecerse, este proceso debe durar entre 1 h y 1:30 h para que sea aceptable.

3.4. Cálculo de consumo de alimento

El control de consumo de alimento durante el periodo de cultivo es de gran importancia desde el punto de vista nutricional. Éste tiene efectos directos en la salud de los organismos, promueve también la mejora en el factor de conversión alimenticia y el incremento en el rendimiento.

Debido a que el costo del alimento representa un porcentaje superior al 50% de los costos de producción, es importante mantener el equilibrio entre la dosificación del alimento y la biomasa producida. Normalmente para determinar la ración alimenticia durante las primeras etapas del cultivo, se utiliza el método conocido como body weight, el cual consiste en calcular la cantidad de alimento en función del peso en gramos del organismo, En algunas investigaciones los resultados alcanzados indican que los mayores incrementos en longitud y talla se presentan en organismos de tallas pequeñas y disminuye a medida que la talla se incrementa (Ramos-Cruz, S. 2000.)

Un alimento de alta calidad es aquel que tiene las siguientes características.

1. Cubre los requerimientos nutricionales de la especie.
2. Tiene bajo potencial de contaminación del agua del estanque.
3. Presenta alta estabilidad.
4. Está libre de sustancias tóxicas.
5. El tamaño del pellet es acorde al desarrollo del organismo.
6. Contiene atractantes, e ingredientes naturales que mejoran la palatabilidad y el rápido consumo.

7. Esta adicionado con enzimas e ingredientes de alta digestibilidad, que minimizan el material excretado.

Capítulo 4. Calidad de agua de parámetros físico-químicos.

4.1. Introducción

En los sistemas acuáticos, los parámetros fisicoquímicos cumplen un papel fundamental que determina el funcionamiento del ecosistema puesto que se llevan a cabo intercambios de materia y energía entre el agua y el suelo que precisan condiciones particulares que, a su vez, regulan la velocidad a la que ocurren los procesos físicos, químicos y biológicos (Soberón, 1998).

Las diferentes variables físicas (temperatura, salinidad, pH y salinidad) así como las químicas (compuestos nitrogenados, alcalinidad, fósforo, etc.) y las biológicas (clorofila a, bacterias benéficas y patógenas) se integran y en conjunto se denominan como “calidad del agua”. El entendimiento de cómo funcionan dinámicamente los estanques acuícolas (Figura 19) permitirá al productor efectuar un adecuado manejo y obtener ambientes adecuados para que los procesos fisiológicos del camarón se lleven a cabo con el mínimo gasto de energía (Boyd, 1997)



Figura 19. Estanque acuícola, en el cual interactúan de forma dinámica las variables físicas, químicas y biológicas.

4.1. Temperatura

La temperatura se considera la variable ambiental que más influencia tiene sobre la tasa metabólica y, por consiguiente, sobre el crecimiento del camarón (Martínez, 1999). El régimen anual de temperatura en el noroeste de México, y en especial en el Estado de Sonora no permite cultivar camarón durante la temporada invernal.

Durante el verano, la temperatura superficial de un estanque puede llegar hasta 35°C. En los camarones esta condición, implica una elevación de la tasa metabólica, pero también acerca al organismo a su límite fisiológico de tolerancia. Por otro lado, la solubilidad del oxígeno disminuye generando que su concentración sea menor en la columna de agua. Dependiendo del sistema de cultivo en algunos casos es recomendable realizar recambios de agua.

4.2. Oxígeno disuelto

Este parámetro es uno de los que presentan mayor variación dentro de los cultivos acuícolas; en la columna de agua está influenciado directamente por la temperatura, la presión atmosférica y la salinidad (Boyd 2001). La temperatura es el factor que más influye en la solubilidad del oxígeno, la cual disminuye al incrementar la temperatura. Los niveles bajos de oxígeno disuelto se presentan en verano debido a

las altas temperaturas, lo cual coincide también con la mayor presencia de biomasa en los estanques.

La producción de oxígeno por la actividad fotosintética de algas es la principal fuente de oxígeno en los cuerpos de agua naturales, así como en los estanques de cultivo semi-intensivo. Sin embargo, otro proceso que también contribuye con la presencia de oxígeno al agua es la difusión atmosférica. En ciertas horas del día, la atmósfera contiene mayor concentración de oxígeno que agua. La difusión molecular de oxígeno de la atmósfera al agua ocurrirá siempre y cuando exista turbulencia para romper la tensión superficial de agua (Meyer, 2004).

La concentración mínima de oxígeno disuelto que puede ser tolerada por el camarón varía con la talla y tiempo de exposición (Boyd, 1990). En general el nivel óptimo de oxígeno disuelto debe mantenerse por encima de 5 mg/L; sin embargo, los camarones pueden vivir en niveles de hasta 2 mg/L (Seidman y Lawrence 1985). En las granjas del noroeste de México se pueden registrar intervalos de 2 hasta 10 mg/L de oxígeno disuelto entre las horas de la madrugada y de la tarde respectivamente (Miranda *et al.*, 2014) (Figura 20).



Figura 20.- Medición de oxígeno disuelto.

4.3. PH

El pH (potencial de hidrógeno) está altamente influenciado por la concentración de bióxido de carbono (CO_2) en el agua. Durante el día la concentración de CO_2 disminuye como efecto del proceso de fotosíntesis y por la noche aumenta debido a la respiración de organismos aeróbicos como peces, camarones, fito y zooplancton, bacterias y otros. Por lo tanto, el nivel de pH cambia durante el día (Meyer, 2004).

El exceso de materia orgánica en el fondo de los estanques proveniente de la adición excesiva de alimento balanceado o bien de las heces y otras fuentes de materia orgánica, promueve la descomposición anaeróbica y causa la disminución de esta variable.

Es recomendable medir el pH tanto en la columna de agua como en el fondo de los estanques, y sobre todo interpretar las tendencias a lo largo del periodo de cultivo para tomar las medidas pertinentes para reestablecer las condiciones adecuadas.

El potenciómetro, así como otros equipos de monitoreo, debe calibrarse periódicamente para que las lecturas obtenidas sean reales. Algunos intervalos que son señalados como óptimos para el cultivo de camarón varían desde 8:0 a 9.0 (Boyd, 1990; Clifford, 1994).

4.4. Salinidad

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es una especie eurihalina, por lo que tolera amplios intervalos de salinidad. Estos organismos tienen un patrón de regulación hiper osmótico en bajas salinidades 1-2 ‰ y un patrón de regulación hipo osmótico en altas salinidades 60 ‰, con un punto isoosmótico entre 25–26 ‰ (Castille y Lawrence, 1981; Díaz *et al.*, 2001; Gong *et al.*, 2004).

Existen diversos estudios que demuestran la factibilidad de cultivar camarón blanco en baja salinidad, sin embargo, se debe mantener el equilibrio de los iones mayoritarios (Mg, K, Na, Ca, Cl), de lo contrario ocurre un efecto negativo en regulación osmótica, causando bajo crecimiento o mortalidad (Roy *et al.*, 2010).

Los organismos acuáticos mantenidos dentro de sus intervalos de tolerancia permiten que las tasas metabólicas se desarrollen en óptimas condiciones, minimizando el gasto de energía, lo cual se refleja directamente en un estado óptimo de salud, así como en mejores tasas de crecimiento y de sobrevivencia.

4.5. Monitoreo de plancton

El fitoplancton, se define como el conjunto de organismos acuáticos autótrofos del plancton que tiene capacidad fotosintética. Como productor primario, se considera el primer eslabón de la cadena trófica.

La productividad natural como una fuente adicional de alimento para el crecimiento, tiene evidentemente mayor importancia en los sistemas de cultivo semi-intensivo que en los intensivos (Martínez Córdova et al., 2004). Las diatomeas se consideran un grupo de especies con alto valor nutricional. Sus especies presentan diversas formas y tienen un alto potencial para ser usadas como fuente de alimento vivo para los organismos que se cultivan con interés comercial.

Mantener una adecuada concentración de microalgas depende de varios factores, entre ellos la disponibilidad de nutrientes, iluminación y temperatura del agua (Martínez Córdova et al., 2004).

Además de las microalgas, en el plancton existen ciliados, protozoarios, rotíferos y otros microorganismos los cuales en conjunto contribuyen a la nutrición del camarón.

Es importante mencionar que, en el fondo de los estanques (bentos), se desarrolla una comunidad diversa, con microorganismos similares al plancton, los cuales además de reciclar la materia orgánica y los nutrientes, contribuyen a la nutrición del camarón.

4.6. Amonio, nitritos y nitratos.

En los crustáceos, como en otros organismos, el amonio es el principal producto nitrogenado de desecho (Frías-Espericueta et al., 2000). La mayor fuente de nitrógeno que entra a los estanques ocurre a través del alimento, que, al ser digerido por los camarones, es utilizado para crecimiento y regeneración de tejido.

Parte de las rutas metabólicas de las proteínas, finalizan en la producción de amoniac (NH₃), este compuesto es liberado a la columna de agua. En los estanques el amonio puede ser asimilado por las microalgas y otros productores primarios, así como por bacterias nitrificantes de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.

El amoniac es uno de los principales productos de desecho del metabolismo del camarón. En los estanques se puede encontrar en forma no ionizada (N-NH₃) o ionizada (N-NH₄). La especie química dominante depende del pH, en los niveles altos (8.5-9) prevalece la forma tóxica (N-NH₃). La suma de las formas ionizada y no ionizada se conoce como nitrógeno amoniacal total (NAT), algunos estudios en condiciones controladas indican que los niveles máximos tolerados son de 1 mg/L, sin embargo y en sistemas hiperintensivos se han reportado niveles de NAT superiores a 5 mg/L (Sesuk et al., 2009; López-Elías et al., 2015), sin presencia de mortalidades. Los nitritos (N-NO₂) también tóxicos para el camarón, y un nivel máximo permisible es de alrededor de 5 mg/L (CRIP, 1989). Los nitratos (N-NO₃) son menos tóxicos; en algunos cultivos de camarón se han reportado concentraciones de hasta 500 mg/L sin ningún efecto negativo aparente en cortos periodos de tiempo (CRIP, 1989).

En las granjas de camarón es posible medir estos compuestos mediante el uso de kits de pruebas rápidas (Figura 21), aunque las lecturas son aproximadas. Existen también fotómetros o espectrofotómetros de diversas marcas, los cuales cuentan con kits de reactivos (Figura 22).



Figura 21.- Pruebas rápidas para medir compuestos nitrogenados “tiras reactivas”

En caso de utilizar estos equipos es necesario que los residuos químicos sean almacenados y entregados a una empresa especializada, ya que algunos compuestos son altamente tóxicos para los humanos, así como para los organismos acuáticos.



Figura 22.- Equipo de medición de compuestos nitrogenados “espectrofotómetro”

4.7. Recambio de agua

La tasa de recambio de agua de una granja está directamente relacionada con la capacidad de bombeo. El nivel de recambio está en función de carga de biomasa o la alteración de algún parámetro físico químico. En el estado de Sonora se establece que las unidades de producción de camarón deben garantizar una capacidad de recambio mínima del 15 %, para poder obtener constancia de buenas prácticas por COSAES y tramitar su permiso de siembra (COSAES, 2017).

Los dispositivos de filtración se deben mantener en condiciones óptimas para que conserven la eficacia de filtrado, así como la capacidad de descarga de agua. Se recomienda limpiarlos regularmente en función de la turbidez del agua y de la cantidad de material acumulado.

Algunas unidades de producción cuentan con sistemas de exclusión de zooplancton, estas instalaciones son altamente recomendadas ya que minimizan el daño a las poblaciones naturales de peces moluscos y crustáceos de las zonas adyacentes a las granjas. El ambiente estable en la zona costera beneficia directamente a las granjas.

Al respecto cabe mencionar que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, publicó el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-074-PESC-2012, para regular el uso de Sistemas de Exclusión de Fauna Acuática (SEFA) en unidades de producción acuícola para el cultivo de camarón en el Estado de Sinaloa, con lo que se protegerá a especies que se introducen durante el suministro de agua en las granjas camaronícolas.

De acuerdo con el proyecto de Norma todas las unidades de producción acuícola de camarón en el Estado de Sinaloa, deberán contar con un Sistema de Exclusión de Fauna Acuática (INAPESCA, 2013).

Es deseable que en Sonora se utilice esta práctica en las unidades de producción.

Capítulo 5. Proceso del cultivo de camarón en sistemas semi-intensivos

5.1. Introducción

El éxito de un sistema de cultivo de camarón depende de diversos factores que van desde la selección del sitio de cultivo, zootecnia, alimentación suplementaria y natural, sistemas de bioseguridad, control de enfermedades, así como de la calidad de agua. El aporte del conocimiento por parte de Universidades y Centros de Investigación, en conjunto con las unidades de producción es de gran utilidad, ya que permite establecer directrices de operación adaptadas a la región (Miranda-Baeza, 2004).

Los factores de riesgo en la camaronicultura se han incrementado como consecuencia del desarrollo de la actividad y de la intensificación de los sistemas de producción. Las condiciones ambientales adversas, provocan dependiendo, de la severidad a) gastos de energía en los organismos, y b) éstos severo y enfermedades.

5.1.1. Naturaleza de las enfermedades

Aunque se han logrado importantes avances en el conocimiento y manipulación del ciclo biológico del camarón, es importante tomar en cuenta los aspectos básicos que afectan la salud de los organismos.

Considerando su origen, las enfermedades pueden ser:

- a) De naturaleza infecciosa: son aquellas provocadas por agentes patógenos como bacterias, virus, hongos y protozoarios.
- b) De naturaleza no Infecciosa: son aquellas que están consideradas dentro de la nutricionales, manipulación excesiva, instalaciones inadecuadas y como respuestas a cambios fisiológicos.
- c) Idiopáticas: se refiere a aquellas que en las cuales se desconoce su origen, o cuyas causas no son claras. Pueden ser causadas por la modificación genética de los patógenos, toxinas naturales, o algún químico no detectado

5.1.2. Factores que afectan la salud y el crecimiento del camarón.

Durante el proceso de cultivo los aspectos de tipo operacional y de infraestructura tienen efectos significativos sobre el crecimiento y sobre el estado de salud del camarón (Figura 23). En general los factores están interrelacionados, por lo que deben ser analizados en conjunto.

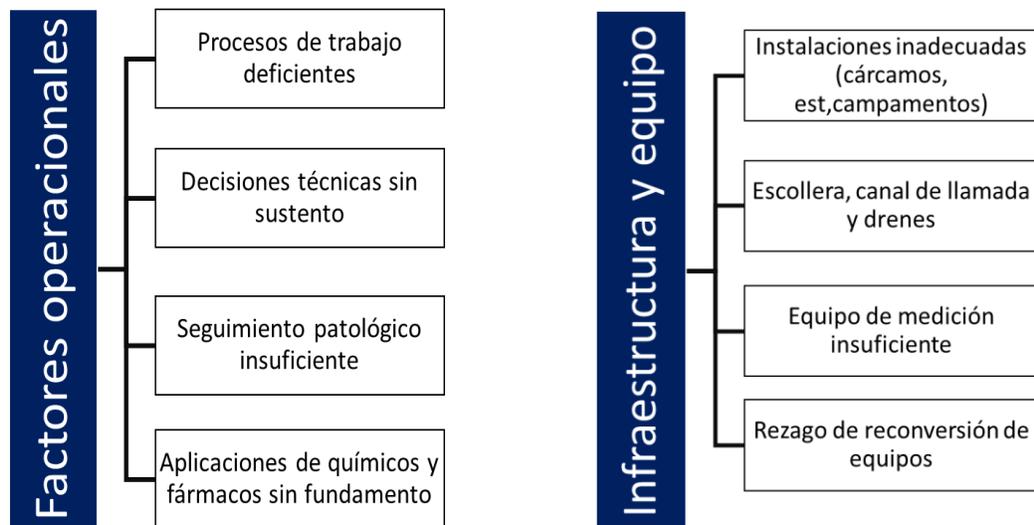


Figura 23. Factores que intervienen en un desarrollo adecuado del cultivo.

5.2. Evaluación del crecimiento (biometrías)

Esta actividad se realiza semanalmente y consiste en coleccionar organismos de diferentes puntos del estanque, de preferencia desde los muelles (para evitar meterse al estanque), también se pueden realizar en lancha a velocidades bajas. Para que el muestreo sea representativo, se recomienda coleccionar 100 organismos en los diferentes puntos del estanque. Una vez coleccionados se colocan en una red (1000 μ) y posteriormente se obtiene el peso total (Figura 24) y se cuentan los organismos rápidamente, antes de ser regresados al estanque. El peso promedio se obtiene con la siguiente ecuación.

$$\text{Peso Promedio} = \frac{\text{Peso Total de la muestra}}{\text{N}^{\circ} \text{ de organismos}}$$



Figura 24. Muestreo para obtener el peso promedio del camarón.

5.3. Muestreos de población

Estos se deben realizar durante la mañana o al anochecer. Para mantener la representatividad, sugiere hacer de 6 a 8 lances de atarraya por Ha. De acuerdo a la experiencia de los técnicos, es recomendable que los muestreos poblacionales se realicen en el periodo comprendido entre 2 días antes y 2 días después de que la fase lunar se encuentre en cuarto menguante o creciente, ya que en la práctica se ha observado que las poblaciones de organismos se encuentran mejor distribuidas en el fondo de los estanques.

Antes de realizar el muestreo, se deberá contar con un croquis de los estanques en los cuales se localicen los puntos de muestreo (Figura 25).

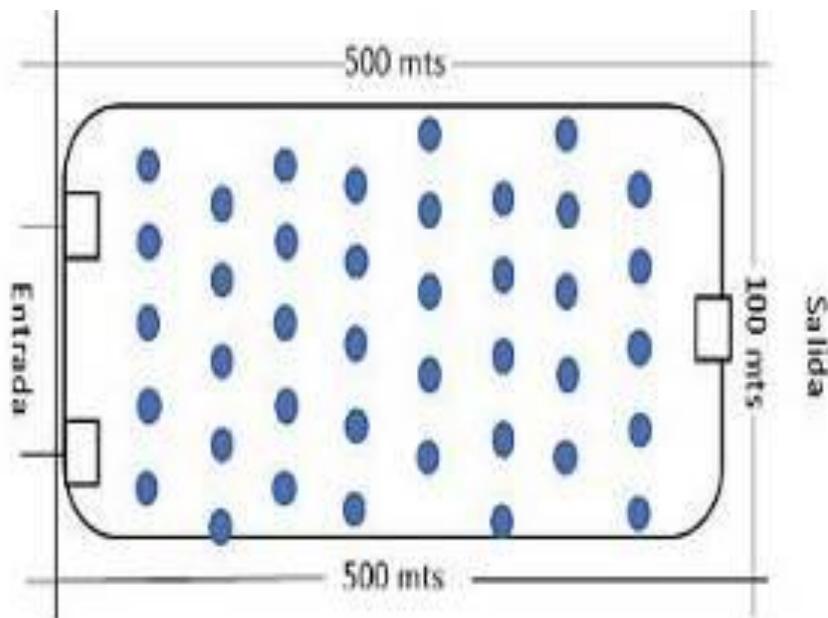


Figura 25. Ejemplo de la determinación de puntos de muestreo en un estanque de 100 x 500 m.

5.4 Monitoreo de salud de los organismos.

El monitoreo constante de los organismos permite la detección temprana de enfermedades. A la par del monitoreo también se deben implementar procedimientos que ayuden a controlar la dispersión de las enfermedades cuando éstas se presenten dentro de la unidad de producción.

La toma de muestras es muy importante para conservar las condiciones adecuadas del tejido u órgano que se pretende analizar, para ello se debe contar con personal capacitado (Figura 26).



Figura 26.- Preparación de las muestras para envío a diagnóstico.

5.5. Planes de contingencia ante la sospecha de enfermedades

Ante la sospecha de un brote de enfermedad se recomienda seguir los siguientes pasos:

1) Contención. Si se detecta mortalidad o la simple sospecha de enfermedad, se debe restringir al movimiento de personas y animales hacia dentro y fuera del área afectada mientras que la situación se controla.

2) Confirmación. Se debe determinar la causa o agente causante de la enfermedad, como también su naturaleza y extensión. Es sumamente necesario confirmar con certeza la naturaleza del agente causante de la enfermedad de ello dependen las decisiones que serán tomadas.

3) Análisis y decisión. Una vez que se conoce la naturaleza y la extensión del problema, se deben definir un plan de acción.

4) Evaluación. Cualquier contagio infeccioso (en el caso de virus, bacterias y otros parásitos) se debe activar a la brevedad una reevaluación minuciosa de las medidas de bioseguridad en uso y del programa de control sanitario de la granja.

Capítulo 6. Proceso de Cosecha.

6.1. Introducción

Antes de iniciar la cosecha, se debe elaborar un plan que considere todas las actividades y sus responsables, así como las necesidades de materiales y consumibles. Es importante preparar los estanques que serán cosechados. Si el camarón fue medicado, asegurarse de que, a la cosecha, éste no presente residuos en el tejido mediante análisis de antibiótico (Cuéllar-Anjel, 2010).

En casos especiales, cuando en una granja se confirme la presencia de enfermedades virales de alto impacto y se presente mortalidad acumulada, el criterio

del Comité de Sanidad Acuícola estará acorde a lo dispuesto en la NOM-030-PESC-2000 en el que señala lo siguiente:

1. Cerrar la compuerta de salida de agua de los estanques infectados.
2. Se deberá realizar la cosecha sin drenar agua, utilizando artes de pesca red de arrastre (tipo chango) y/o la chorupa.
3. En el caso de cosechas parciales, se debe iniciar con los estanques sanos teniendo el cuidado de desinfectar todas las redes, taras y personal al cambiarse de un estanque a otro.
4. Evitar circular con camarón cosechado por de los estanques sanos con el fin de evitar escurrimientos de agua

6.2. Evaluación de la muda

Durante el ciclo de vida de los crustáceos ocurren diferentes procesos fisiológicos relacionados con su desarrollo; uno de ellos es la “ecdisis” o muda, la cual les permite aumentar de peso y de tamaño. Durante este periodo, los camarones acumulan en la glándula digestiva reservas de glucógeno, lípidos y proteínas, que son utilizadas como reserva de energía en la síntesis de nuevos tejidos y para la construcción del nuevo exoesqueleto (Vega-Villasante, et al., 2000). Durante las cosechas se recomienda, verificar que los camarones no se encuentren en periodo de muda o en monitoreo de esta condición sea menor del 10 %.

Tipos de cosecha

En general existen dos tipos de cosecha; a) la cosecha total; en la cual durante la marea baja se drenan completamente los estanques, como parte del proceso se

colocan redes en la compuerta de salida para coleccionar el camarón de manera manual. También se pueden utilizar cosechadoras (Figura 27) y b) la segunda es la cosecha parcial; la cual implica coleccionar una parte de la biomasa de los estanques (Figura 28), esta técnica por lo regular se emplea para disminuir la biomasa en los estanques y con ello mejorar las condiciones de calidad de agua. Se ha observado que posterior a la cosecha parcial se registra un incremento en la tasa de crecimiento del camarón.



Figura 27. Cosecha total con maquinaria.



Figura 28. Cosecha parcial con chorupa.

La chorupa es un arte de pesca selectivo, ya que captura aquellos organismos de mayor tamaño. Esta es una red de arrastre con malla de $\frac{3}{4}$ " operada por uno o dos jornaleros, dependiendo de la cantidad de copos que tenga.

El único inconveniente del uso de esta red, es que genera remoción del sedimento, provocando estrés en los organismos, en ocasiones, después de las cosechas parciales, se pueden presentar algunos síntomas de enfermedades.

El camarón cosechado se debe manipular de manera rápida y eficiente, con el fin de que sea congelarlo mientras se encuentra vivo. Esta práctica mantiene la calidad del producto. El camarón extraído de los estanques se deposita en contenedores con suficiente hielo elaborado con agua potable, de tal manera que éste pueda morir rápidamente por shock térmico ya que el agua se mantiene a una temperatura menor a 5° C.

6.3. Proceso de pesado, enhielado y envío de producto

Una vez que el camarón es cosechado y depositado en los contenedores se continúa con el proceso de pesado, enhielado y envío del producto a planta de proceso.

Se recomienda mantener la mayor limpieza posible tanto del camarón como de los vehículos y materiales de transporte. Se debe evitar la presencia de materias extrañas como cabellos, moscas, fragmentos de insectos, plumas, heces de roedores, piedras, arena, madera, ramas, pedazos de plástico etc. Aunque, cuando el camarón llega a la planta de procesamiento se realiza un proceso minucioso de lavado, limpieza y conservación.

Durante el pesado, el camarón ya muerto se coloca en recipientes abiertos para eliminar el exceso de agua (sin que se deseque) posteriormente se prepara un recipiente con una mezcla de agua-hielo, donde se coloca el producto en una proporción de 2:1 (hielo-camarón) y se transporta a la planta procesadora.



Figura 29. Pesado, enhielado y embarque

Capítulo 7. Análisis de la información.

7.1. Introducción

El análisis de la información generada durante el proceso de cultivo, es de gran importancia ya que permite determinar tendencias y la asociación entre las diversas variables. Se recomienda realizar una evaluación periódica de los resultados obtenidos en: el área de calidad del agua, bacteriología, crecimiento, e incluso de las tendencias del mercado.

El procesamiento de los datos se puede realizar mediante técnicas simples de estadística descriptiva e inferencial. Las hojas de cálculo (Excel, por ejemplo), cuenta con las herramientas suficientes para las necesidades de una unidad de producción. Los datos deben ser presentados de una forma clara y concisa de tal manera que sean fácilmente interpretados.

7.1. Análisis estadísticos

Existen dos tipos de estadística; la descriptiva y la inferencial. La primera describe las características principales de la muestra (media, varianza, desviación estándar, distribución de frecuencias, porcentajes, etc.). La segunda hace inferencia a la población a partir de la información de la o de las muestras, en este caso se pueden estimar medias de población, proporciones de población, además de determinar las relaciones entre variables a través de análisis de correlación o bien de dependencia a través de análisis de regresión.

En algunas unidades de producción, el personal técnico desconoce las técnicas de análisis de datos, así como su interpretación. En estos casos se recomienda que se

realicen talleres de capacitación. Las reuniones periódicas basadas en el análisis de la información permiten que la toma de decisiones sea más acertada.

Conclusiones

Debido a la rápida expansión y a la creciente conciencia de los impactos negativos de las prácticas de cultivo de camarón sobre el ambiente, muchos países productores de camarón están realizando grandes esfuerzos para promover la camaronicultura responsable. En las certificaciones de las unidades de producción acuícola se aplican los lineamientos y las buenas prácticas acuícolas con el fin de cumplir con los estándares y las legislaciones aplicables.

El seguimiento de las recomendaciones para el cultivo de camarón, así como la concientización de los técnicos y de los inversionistas involucrados en el área, permitirá minimizar los riesgos y mantener la rentabilidad de las unidades de producción.

Literatura citada

- Aragón-Noriega, E. A.; J. H. Córdova-Murueta; H. L. Trías-Hernández y A. R. García-Juárez. (2000). Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14.
- Barraza-Guardado, R. H., Martínez-Córdova, L. R., Enríquez-Ocaña, L. F., Martínez-Porchas, M., Miranda-Baeza, A., & Porchas-Cornejo, M. A. (2014). Efecto de efluentes de granjas camaronícolas sobre parámetros de la calidad del agua y del sedimento frente a la costa de Sonora, México. *Ciencias marinas*, 40(4), 221-235.
- Boone (1931), cultivo de camarón blanco, *litopenaeus vannamei*, en sistema cerrado a alta densidad.
- Bosma, R., y Verdegem, M. (2011). Acuicultura sostenible en estanques: principios, prácticas y límites.
- Boyd, C. E. (2001). Prácticas de manejo para reducir el impacto ambiental del cultivo de camarón. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. MC, Haws y CE, Boyd (eds), 267-295.
- Boyd, C.E. 2001. Consideraciones sobre la calidad de agua y el suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (eds). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Editorial-imprensa UCA, Managua, Nicaragua 24-25p.

- Castille, F. L. & A. L. Lawrence. 1981. The effect of salinity on the osmotic and chloride concentration in the haemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*.
- Claybrook, D.L. (1983). Nitrogen Metabolism. In: Bliss, D.E. y Mantel, L.H. (Eds.). *The Biology of Crustacea*. Volume 5. Academic Press, New York. p. 163-213
- Cuéllar-Anjel, J. (2013). Síndrome de mortalidad temprana (EMS). Institute for International Cooperation in Animal Biologics.
- Cuéllar-Anjel., Cornelio Lara., Vielka Morales., Abelardo De Gracia., Oscar García Suárez (2010). manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *litopenaeus vannamei*.
- Boletín oficial Número 40, tomo CXCIX, Protocolo de siembra, engorda, cosecha y postcosecha de camarón, Hermosillo, Sonora, 18 de mayo de 2017.
- Balbuena, E., & Ríos, V. M. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. FAO/Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Uruguay.
- FAO. 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 41 pp.
- Frías-Espéricueta, M.G., Harfush-Meléndez, M. y Páez-Osuna, F. (2000). Effects of ammonia on mortality and feeding of postlarvae shrimp *Litopenaeus vannamei*
- Huerta-Rábago, J. A., Martínez-Porchas, M., Miranda-Baeza, A., Nieves-Soto, M., Rivas-Vega, M. E., & Martínez-Córdova, L. R. (2019). Addition of commercial probiotic in a biofloc shrimp farm of *Litopenaeus vannamei* during the nursery

phase: Effect on bacterial diversity using massive sequencing 16S rRNA. *Aquaculture*, 502, 391-399.

INAPESCA. 2013. Normará SAGARPA, uso de Sistemas de Exclusión de Fauna Acuática en unidades de producción acuícola para el cultivo de camarón en Sinaloa (Comunicado). SAGARPA.

<https://www.gob.mx/inapesca/prensa/normara-sagarpa-uso-de-sistemas-de-exclusion-de-fauna-acuatica-en-unidades-de-produccion-acuicola-para-el-cultivo-de-camaron-en-sinaloa>

Jiravanichpaisal P, Miyazaki T, Limsuwan C (1994) Histopathology, biochemistry, and pathogenicity of *Vibrio harveyi* infecting black tiger prawn *Penaeus monodon*. *J Aquat Anim Health* 61:27–35

Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, México D.F, el 27 de julio de 2007.

Malagrino G., Lagunas M. y Rubio A.O. (2008). Environmental impact reduction through ecological planning at Bahía Magdalena, México.

Martínez Córdova, L. R. (1999). Cultivo de camarones peneidos: principios y práctica (No. Sirsi) i9789684630956).

Martínez-Córdova, L. 2002. Camaronicultura: Avances y Tendencias. AGT Editor. México, D.F. 167 p

- Martínez-Córdova, L. R., Emerenciano, M., Miranda-Baeza, A., & Martínez-Porchas, M. (2015). Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Reviews in Aquaculture*, 7(2), 131-148.
- Meyer D. E. 2004 *Introducción a la acuicultura*, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.144 p.
- Miranda-Baeza, Anselmo. 2004. *La acuicultura y su entorno, productivo, ambiental, socioeconómico y normativo*. CICESE, departamento de Acuicultura, monografía, 17239, México, 140 p.
- Protocolo de siembra, engorda, cosecha y postcosecha de camarón en el estado de Sonora. publicado en el boletín oficial del Gobierno del Estado de Sonora 2017, tomo CXCIX.
- Ramos-Cruz, S. 2000. Composición por tallas, edad y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 48(4): 873-882.
- Rojas, A.A., Haws, M.C. y Cabanillas, J.A. ed. (2005). *Buenas Prácticas de Manejo Para el Cultivo de Camarón*. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95- 0030-05).
- Rosas, C., A. Sánchez., M. E. Chimal & R. Brito. (2003). *Manual de Métodos para la Evaluación del Balance Energético en Crustáceos*.

- Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., & Boyd, C. E. (2010). Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*, 2(4), 191-208.
- Seidman, E. R., & Lawrence, A. L. (1985). Growth, Feed Digestibility, and Proximate Body Composition of Juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* Grown at Different Dissolved Oxygen Levels. *Journal of the World Mariculture Society*, 16(1-4), 333-346.
- Siqueiros, D. (1994). Asociaciones de Diatomeas Bentónicas Marinas; Análisis de su estructura y aplicación. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Soberón J. (1998). Ecología de las poblaciones. Secretaria de Educación Pública. Fondo de cultura económica, consejo nacional de ciencia y tecnología.
- Valdez, G., Díaz, F., Re, A. D., & Sierra, E. (2008). Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Hidrobiológica*, 18(2), 105-115.
- Vega-Villasante, F., Nolasco-Soria, H., Civera-Cerecedo, R., González-Valdés, R., Oliva-Suárez, M. (2000). Alternativa para la alimentación del Camarón en Cultivo: El Manejo de la Muda.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., Verstraete, W., 2000. Probiotics bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64, 655–671.