



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN DE POSTLARVA
DE LANGOSTINO MALAYO *Macrobrachium rosenbergii*.**

JAVIER DOMÍNGUEZ MORA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México

2019

La presente tesis titulada **Diseño y evaluación de un modelo de producción de postlarva de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii***. Realizada por el alumno **Javier Domínguez Mora**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JUAN LORENZO RETA MENDIOLA

ASESOR:



DR. ALBERTO ASIAIN HOYOS

ASESOR:



DR. JUAN SALAZAR ORTIZ

Tepetates. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 20 de marzo del 2019

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN DE POSTLARVA DE LANGOSTINO MALAYO *Macrobrachium rosenbergii*.

Javier Domínguez Mora, M en C.

Colegio de Postgraduados 2019

El langostino malayo se ha convertido recientemente en una especie con importancia económica de la acuicultura, pero una de las limitantes es la falta de sistemas de producción de postlarvas, convirtiéndose en el principal obstáculo para el desarrollo económico de la especie. El objetivo de la presente investigación fue el diseño y evaluación de un modelo de producción de postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii*. El modelo se diseñó a partir de la función de producción desde la perspectiva biológica de la especie y del respectivo análisis económico. A partir del modelo diseñado se generó un sistema de producción de postlarvas y la metodología para el manejo de la especie en sus diferentes fases de desarrollo, hasta la comercialización de la postlarva. La optimización del sistema se enfocó en la evaluación de 3 sustratos, dando como resultado que la concha de ostión es la más eficiente en la remoción de compuestos nitrogenados.

Palabras clave: langostino, macrobrachium, acuicultura, malayo, rosenbergii

DESIGN AND EVALUATION OF THE MALAYSIAN PRAW *Macrobrachium rosenbergii*. POSTLARVAE PRODUCTION MODEL

Javier Domínguez Mora, M en C.

Colegio de Postgraduados 2019

The Malaysian prawn has recently become an economically important species of aquaculture, but one of the constraints is the lack of postlarvae production systems, becoming the main obstacle to the economic development of the species. The objective of the present investigation was the design and evaluation of a postlarvae production model of *Macrobrachium rosenbergii*. The model was designed based on the production function from the biological perspective of the species and the respective economic analysis. Based on the model designed, a postlarvae production system and the methodology for the management of the species in its different stages of development were developed, until the postlarva commercialization. The optimization of the system focused on the evaluation of 3 substrates, resulting in the oyster shell being the most efficient in the removal of nitrogen compounds.

Keywords: prawn, macrobrachium, aquaculture, malaysian, rosenbergii

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a todos los que, como yo, aman la acuicultura y ponen cada día un grano de arena para impulsar el desarrollo acuícola en nuestra región.

A mi madre, que de donde este sepa que sus esfuerzos valieron la pena y supo soportar todas mis locuras como biólogo.

A mi padre, que me apoyo sin discreción, a pesar de que no compartimos la misma sangre y me dio su amor y respeto durante toda su vida.

A mi hija, que es el motor que me mueve para seguir creciendo en lo personal y profesional. Por ser mi compañera de aventuras en estos dos años.

A mis compañeros de generación por compartir sus conocimientos y las aventuras vividas en el posgrado.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para realizar los estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y por facilitarme las plataformas necesarias para conseguir el grado en el programa de Agroecosistemas Tropicales.

Al Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola, por ser mi consejero y llevarme por el camino del conocimiento durante estos dos años a pesar de mis aciertos y desaciertos tanto como estudiante, así como en lo personal.

Al Dr. Alberto Asiain Hoyos, por ser parte de este gran equipo y compartirme cada día un poco más de conocimiento, que me ayudaran a desenvolverme de mejor manera en el ámbito académico y profesional.

Al Dr. Juan Salazar Ortiz por sus acertadas opiniones y correcciones para que la investigación se realizara cada día de la mejor manera.

Agradezco al Biol. Fritz Ruiz Rojas por aportarme sus conocimientos en la realización de la esta investigación, así como su amistad durante muchos años.

A Paul de Jesús Sánchez Madrigal, por apoyarme cuando lo necesite, su amistad y sus ganas de aprender esta gran ciencia que es la acuicultura.

Al señor Hugo Páez, por aportar de su conocimiento al desarrollo de la investigación.

Al arquitecto Mario Alberto Kuri Rodríguez, por el apoyo en el diseño del módulo de producción.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. Concepto de modelo	2
2.1.1 Como está constituido un modelo	3
2.1.2 Modelos en la acuicultura	3
2.2. Concepto de diseño.....	4
2.2.1. Fases del proceso de diseño.....	5
2.2.2. Diseños en acuicultura	5
2.3. Teoría de Sistemas.	6
2.3.1. Concepto de sistema	6
2.3.2. Sistemas de producción acuícola	8
2.3.3. Sistemas de recirculación en acuicultura	9
2.4. Concepto de evaluación de sistemas	11
2.4.1. Evaluación de los sistemas acuícolas	12
2.4.2 Evaluación biológica	12
2.4.3 Evaluación económica	13
2.4.4. Evaluación operativa	14
2.5 Concepto del agroecosistema desde el enfoque acuícola	14
III. MARCO DE REFERENCIA	15
3.1. Situación actual de la producción de langostino malayo.....	15
3.2. Principales productores de langostino.....	16
3.3. Modelos de producción de postlarva.....	17
3.4. Manejo de reproductores	18
3.5. Selección de hembras ovígeras	18
3.6. Desarrollo embrionario	19
3.7. Desarrollo larval	21
3.8. Fase de postlarva.....	21
3.9. Manejo de la postlarva y Comercialización.....	24
IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	26
4.1. HIPÓTESIS.....	26
4.2. OBJETIVO GENERAL.....	26
4.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26

V. MATERIALES Y METODOS	27
5.1. Área de estudio	27
5.2. Diseño del modelo	27
5.2.1. Diseño de la función de producción.....	27
5.2.2. Diseño del modelo económico.....	28
5.3. Diseño del sistema de producción	29
5.4. Instalación del sistema de producción.....	29
5.5. Optimización del sistema de producción	32
5.6. Proceso de producción de postlarvas.	35
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
6.1. Modelo biológico función de producción	36
6.2. Modelo económico	36
6.3. Sistema de producción	38
6.3.1 Infraestructura	38
6.3.2. Subsistema eléctrico	42
6.3.3. Subsistema hidráulico y neumático	43
6.3.4. Subsistema biológico y subsistema neumático.....	44
6.4. Proceso de producción de postlarva.....	45
6.4.1 Preparación del modulo	45
6.4.2. Profilaxis de los organismos	46
6.5. Manejo de reproductores	46
6.5.1. Alimentación	48
6.5.2. Distribución espacial	48
6.6.1. Cortejo o fase de apareamiento.....	49
6.5.3. Biometrías	50
6.6. Manejo de hembras ovígeras.....	51
6.6.2. Proceso de maduración gonádica	51
6.6.3. Selección de hembras ovadas	53
6.7. Desarrollo embrionario	54
6.8. Fase larval.....	56
6.9. Postlarva.....	58
6.9.1 Evaluación de los diferentes sustratos.....	58
VII. CONCLUSIONES	62

VIII. LITERATURA CITADA	63
X. ANEXOS	1
ANEXO I	1
ANEXO II	2
ANEXO III	3
ANEXO IV	4
ANEXO V	5

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferentes modelos en la acuicultura	4
Cuadro 2. Principales propiedades emergentes de los sistemas	7
Cuadro 3. Características generales de los sistemas	8
Cuadro 4. Clasificación de sistemas de producción acuícola para la producción <i>M. rosenbergii</i>	10
Cuadro 5. Elementos que componen los sistemas de recirculación acuícola.....	11
Cuadro 6. Principales características que se desarrollan durante las diferentes fases larvales.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 7. Composición de aminoácidos en las diferentes etapas de desarrollo de artemia.	23
Cuadro 8. Composición y valor nutritivo de alimento a base de huevo para larvas de <i>M. rosenbergii</i>	24
Cuadro 9. Variables de la función de producción.....	28
Cuadro 10. Indicadores que intervienen en el modelo económico de producción de postlarvas.	31
Cuadro 11. Dieta para los estadios larvales de <i>M. rosenbergii</i>	33
Cuadro 12. Proceso de producción de Artemia.....	34
Cuadro 13. Variables de la función de producción.	36
Cuadro 14. Análisis económico del modelo de producción de postlarvas.	37
Cuadro 15. Costos de los subsistemas.	37
Cuadro 16. Costos fijos de la producción de postlarvas	38
Cuadro 17. Costos variables.....	38
Cuadro 18. Preparación del agua salobre para los estadios larvales del langostino malayo.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de <i>M. rosenbergii</i>	16
Figura 2. Producción mundial por captura de <i>M. rosenbergii</i>	16
Figura 3. Producción mundial acuícola de <i>M. rosenbergii</i>	17
Figura 4. Desarrollo embrionario del langostino malayo.....	20
Figura 5. Módulo de producción de postlarvas de langostino malayo.....	39
Figura 6. Vista superior del módulo de producción de postlarvas.....	40
Figura 7. Alzado frontal del módulo de producción de postlarvas.....	41
Figura 8. Alzado lateral del módulo de producción.....	41
Figura 9. Vista de la cubierta del módulo de producción de postlarva.....	42
Figura 10. Subsistema eléctrico.....	43
Figura 11. Subsistema hidráulico y neumático.....	44
Figura 12. Subsistema biológico y neumático. Maternidades.....	45
Figura 13. Macho de <i>M. rosenbergii</i>	47
Figura 14. Hembra de <i>M. rosenbergii</i>	48
Figura 15. Áreas de apareamiento.....	49
Figura 16. Macho depositando espermatóforo a hembra madura.....	50
Figura 17. Ganancia en peso de los machos de <i>M. rosenbergii</i>	51
Figura 18. Ganancia en peso de las hembras de <i>M. rosenbergii</i>	51
Figura 19. Hembra de <i>M. rosenbergii</i> presentando gónada madura en cefalotórax.....	52
Figura 20. Hembra de <i>M. rosenbergii</i> presentando gónada naranja brillante.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 21. Huevo de <i>M. rosenbergii</i> en la primera fase de desarrollo embrionario.....	54
Figura 22. Huevo de <i>M. rosenbergii</i> en la primera división celular.....	55
Figura 23. Embrión con aproximadamente 12 días de desarrollo.....	55
Figura 24. Huevo de <i>M. rosenbergii</i> con presencia de <i>Epistylis. sp</i> (parasito externo, círculo rojo).....	56
Figura 25. Fase 1 de desarrollo larval con 24 horas de vida desde la eclosión.....	57
Figura 26. Fase 2 de desarrollo larval.....	57
Figura 27. Fase 3 del desarrollo larval.....	57
Figura 28. Postlarva de langostino malayo.....	58

Figura 29. Niveles de compuestos nitrogenados en el sistema de producción en los diferentes sustratos.....	59
Figura 30. Concentración de nitritos en el sistema de producción de postlarvas de <i>M. rosenbergii</i>	60
Figura 31. Concentración de amonio (mg/l) en el agua del sistema de producción de postlarvas de <i>M. rosenbergii</i>	60
Figura 32. Concentración de nitratos (mg/l) en el agua del sistema de producción de postlarvas de <i>M. rosenbergii</i>	61

I. INTRODUCCIÓN

En México, en particular en el estado de Veracruz, la región de las Llanuras de Sotavento es rica en recursos acuáticos con alto potencial para el desarrollo de la acuicultura, la cual se ha incrementado considerablemente desde hace un par de décadas. No obstante este incremento en la productividad de la acuicultura en general, la producción de crustáceos de agua dulce como el langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* ha decaído. Solo quedan remanentes de producción en los estados de Morelos y Guerrero. El langostino que se consume en el Veracruz proviene de importaciones de países asiáticos como India, Taiwán, Malasia, China, entre otros. Mientras que las especies endémicas consumidas provienen de la pesca en los estados de Sonora, Jalisco y San Luis Potosí (INAPESCA, 2018).

En Veracruz se reconocen tres especies de importancia comercial del género *Macrobrachium*, dos de ellas son nativas, *M. carcinus* y *M. acanthurus* (Lorán y Martínez, 2002) y una especie exótica, *M. rosenbergii*. La producción de las especies nativas proviene de las pesquerías ribereñas y continentales, mientras que *M. rosenbergii* proviene exclusivamente de la acuicultura (Griessinger *et al.*, 1991; New, 2002). A pesar de que existe un mercado insatisfecho por la demanda de *M. rosenbergii*, la producción acuícola en el estado es inexistente, dejando un nicho productivo en el abandono, dicha producción puede traer beneficios económicos, ecológicos y sociales a la región del Sotavento.

Mientras que en países como China, Japón, Malasia y Taiwán, la explotación acuícola de *M. rosenbergii* se desarrolla a niveles intensivos, en la región del Sotavento, se han hecho intentos por desarrollar sistemas de cultivos que no han dado resultados satisfactorios.

En el año 2013, por situaciones ajenas a factores de eficiencia, la unidad de producción de postlarvas de *M. rosenbergii* prevaleciente en el Golfo de México, frenó sus actividades productivas. En consecuencia, la demanda del mercado de postlarvas en el territorio quedó insatisfecha y las granjas productoras de langostino malayo limitaron su actividad a la engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Este fenómeno se presentó en

virtud de que la producción de langostino se desarrollaba en policultivo con este pez, dejando un estrato productivo vacío y en espera de recuperar la producción combinada en cuanto la oferta de postlarvas se restableciera.

Por lo antes mencionado, es necesario desarrollar modelos de producción que nos permitan estimar la rentabilidad económica y la eficiencia productiva de la especie, así como la generación de sistemas de producción adecuados a las condiciones existentes en la región. En el presente trabajo se describe el desarrollo de un modelo de producción de postlarvas de *M. rosenbergii*, la evaluación productiva través de la función de producción, incorporando las principales variables biológicas de la especie, la evaluación económica del modelo a través de un análisis financiero, así como la construcción y operación de un sistema de producción de postlarvas, que nos permitió innovar una metodología para el desarrollo de las distantes fases del ciclo productivo de la especie.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Concepto de modelo

La ciencia implica productos y procesos específicos. Los modelos científicos constituyen uno de los principales productos de la ciencia. Tal es así, que Gilbert (1991) concibe a la ciencia como un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos, y afirma que el valor de esta definición de ciencia depende de la conceptualización que se tenga de modelo.

Un modelo científico es una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad o fenómeno físico. Es una entidad abstracta, una representación simplificada de un hecho, objeto, fenómeno, proceso, realizada con la finalidad de describir, explicar y predecir. Se trata de una construcción mental utilizada para conocer, investigar y comunicar. Los modelos concentran su atención en aspectos específicos del sistema y están asociados a imágenes o representaciones (Bunge, 1985).

2.1.1 Como está constituido un modelo

En términos generales se puede decir que un modelo consta de:

1. Reglas de representación del *input* y el *output*, permiten construir partiendo de una realidad física y definir un conjunto de datos de entrada o *input*, a partir de los cuales el modelo proporcionará un *output* o resultado final, que también será una interpretación del efecto de las condiciones iniciales elegidas sobre la realidad física. (Leontief, 1986).

Estructura interna que dependerá del tipo de modelo. Esta estructura interna permite definir una correspondencia entre el *input* y el *output*. Un modelo es determinista si al mismo input le corresponde el mismo output y no determinista si al mismo input pueden corresponderle diferentes outputs (Leontief, 1986).

2.1.2 Modelos en la acuicultura

Los modelos en acuicultura (Cuadro 1) dan respuestas a las preguntas de viabilidad económica, diseño óptimo del sistema, métodos óptimos de operaciones y dirección de la investigación. Las formas en que los elementos biológicos y físicos funcionan dentro de una instalación acuícola están relacionadas con la economía de la producción. La influencia del entorno externo puede ser regulada por controles dentro del sistema físico. Consideraciones económicas y atributos, tales como maximizar ganancias o minimizar los costos de producción, son criterios para evaluar dentro de los sistemas de cultivo. (Leung, P, 1990).

Cuadro 1. Diferentes modelos en la acuicultura

Tipo de modelo	Definición	Producto	Referencias
Icónico	Este tipo de modelo se asemeja directamente a una propiedad o conjunto de propiedades de un hecho, proceso, sistema, entre otros.	Diagramas Planos	(Carvajal 2015)
Matemático	Son representaciones numéricas, esto es, un conjunto de proposiciones matemáticas; por tanto, Utiliza los símbolos y las reglas de dicha disciplina. Este modelo permite inferir teoremas a partir de unas suposiciones o postulados	Función financiera Función de producción	(Carvajal 2015)

2.2. Concepto de diseño

La palabra diseño, equivale a trazo o delineación de formas por medios gráficos, lo que lo convierte en término análogo de dibujo (Alcaide *et al*, 2001). Otra acepción más cercana sería la de dibujo o esquema de la forma de algún objeto que va a crearse con un fin concreto, es decir, la descripción gráfica de algo que va a realizarse materialmente. Por ejemplo, Pugh (1990) lo define bajo el término “diseño total” como la actividad sistemática desarrollada para satisfacer una necesidad y que cubre todas las etapas desde la identificación de la necesidad hasta la venta del producto.

El diseño se define como el proceso previo de configuración mental, prefiguración, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Se aplica habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y otras disciplinas que requieren creatividad. El diseño involucra variadas dimensiones que van más allá del aspecto, la forma y el color, abarcando también la función de un objeto y su interacción

con el usuario. Durante el proceso se debe tener en cuenta además la funcionalidad, la operatividad, la eficiencia y la vida útil del objeto del diseño.

La palabra diseño hace referencia a la preconcepción sistematizada de la forma y las demás características del producto, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos, estéticos, psicológicos, anatómicos, fisiológicos, etc., con todos los detalles, antes de su realización. (Gay et al. 2004). En la presente investigación se consideran importantes los aspectos de tipo biológico y en el diseño se involucran información relevante sobre el potencial biótico de la especie en estudio.

2.2.1. Fases del proceso de diseño

Las fases del proceso del diseño son importantes para obtener una representación de la realidad lo más objetiva posible y generalmente se consideran las siguientes. (Chau Bernal, 2005).

1. Observar y analizar el medio en el que se desenvuelve el ser humano y buscar una necesidad (problemática).
2. Evaluar mediante la organización y prioridad de las necesidades identificadas (diseño conceptual).
3. Planear y proyectar, proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas (Diseño preliminar).
4. Construir y ejecutar llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos (Diseño detallado y solución).

2.2.2. Diseños en acuicultura

Según Timmons *et al.* (1998), el diseño apropiado para una instalación acuícola debe ajustarse al comportamiento de la especie, optimizando su actividad natatoria y mejorando el bienestar a través de la reducción del nivel de estrés. Asimismo, permitirá hacer un uso más eficiente del espacio disponible para la instalación, del caudal de agua aportado y del oxígeno incorporado, minimizando las regiones de estancamiento (zonas muertas) y las corrientes de cortocircuito en el interior del sistema. Finalmente,

deberá facilitar la eliminación de las heces y del pienso no ingerido, disminuyendo el riesgo sanitario y el impacto medioambiental de la actividad acuícola.

Dentro de una explotación piscícola puede haber diferentes tipos de estanque, cada uno de ellos utilizado con una finalidad específica. (Coche, 1993).

- **Estanques de desove**, para la producción de huevos y alevines
- **Estanques viveros**, para la producción de ejemplares juveniles de mayor tamaño
- **Estanques de reproductores**, para la cría de peces destinados a la reproducción
- **Estanques de almacenamiento**, para colocar a los peces temporalmente, muchas veces antes de su comercialización
- **Estanques de engorde**, para la producción de peces destinados a la alimentación humana
- **Estanques integrados**, rodeados de tierras dedicadas al cultivo o la ganadería y de otros estanques piscícolas, que suministran al estanque materiales de desecho, utilizados como pienso o fertilizantes
- **Estanques de invernada**, donde se colocan los peces durante la estación fría

2.3. Teoría de Sistemas.

2.3.1. Concepto de sistema

La teoría general de sistemas (TGS) es un método de aproximación y entendimiento científico, que tiene como eje principal la comprensión de las múltiples interacciones de sus componentes como condición necesaria para explicar y predecir el comportamiento de un fenómeno bajo estudio. (McNeill y Freiburger, 1993).

Aunque cada uno de los sistemas tenga sus propios rasgos distintivos, todos ellos presentan una serie de características generales, las cuales se pueden resumir en los siguientes puntos (Dent y Blackie, 1979):

- Estar integrado por una serie de elementos o entidades identificables que mantienen una relación dinámica entre ellos.
- Tener una estructura jerárquica que comprende un número de subsistemas definidos de manera autónoma, aunque cada uno de estos englobe a otros de rango inferior e igualmente autónomos.
- Tener carácter abierto, lo que supone que es sensible al entorno o ambiente en que se encuentra.
- Ser de carácter dinámico o evolutivo, lo que significa que las características más importantes aparecen con el paso del tiempo. Por ello, el estudio de los sistemas requiere la consideración explícita de dicha variable.

Las propiedades emergentes y singulares de los sistemas que surgen como resultado de la interacción de todos sus componentes, y que no se reconocen a nivel de las propiedades de los componentes singulares (Graf, 2004). En el cuadro 3. Se muestran las principales características de los sistemas.

Cuadro 2. Principales propiedades emergentes de los sistemas.

Propiedades	Definición	Referencia
Resiliencia	Propiedad de los sistemas en general, para resistir desórdenes, y retornar a sus estados originales o moverse a uno nuevo más deseable después de ser perturbado, respectivamente.	(Asbjornslett & Rausand, 2003)
Productividad	El uso eficiente de recursos trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información — en la producción de diversos bienes y servicios.	(Joseph, P 1991).
Rentabilidad	Capacidad o aptitud de la empresa de generar un excedente a partir de un conjunto de inversiones efectuadas.	(Lizcano, J, y Castello, E., 2004)
Sostenibilidad	Satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias	(Brundtland, G H., 1987).

Cuadro 3. Características generales de los sistemas

Atributo	Descripción	Utilidad
Objetivos del sistema	Aun cuando el sistema pueda estar compuesto por subsistemas más pequeños que tengan objetivos particulares, es recomendable que se analice el objetivo general.	Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, Funciones y comportamientos sistémicos. Promover una formalización matemática de estas leyes. (Arnold y Osorio, 1998).
Recursos del sistema	Son propiamente los elementos que lo integran y que se encuentran en constante interacción para lograr un fin.	Se pueden clasificar y detectar los elementos y periféricos útiles para el buen funcionamiento, eléctrico, biológico, neumático, hidráulico y laboral.
Componentes del sistema	Son las acciones específicas que desarrollan los elementos que integran el sistema	Estructura: establece la división de las tareas de los individuos, esto es, quien va a hacer que cosa. (Arras, 2010)
Dirección del sistema	Es en esta parte donde se fijan los objetivos de los componentes, se distribuyen los recursos, y se controla la actuación y comportamiento del sistema.	Acciones orientadas hacia el logro de los objetivos: conjunto de actividades que desempeñan los individuos para contribuir al logro de los objetivos. (Arras, 2010)

2.3.2. Sistemas de producción acuícola

Al hacer referencia a un sistema de producción acuícola, es preciso tener presente que un sistema puede considerarse, según Grant *et al* (2001) como un conjunto de componentes interrelacionados que poseen un límite y actúan como una unidad, o como un conjunto de procesos interconectados entre sí y que presentan muchas vías recíprocas de causa y efecto.

Entre los aspectos que deben desarrollarse adecuadamente están: la selección de las larvas, el control de variables y parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua, la aplicación de técnicas apropiadas de manejo, transporte, profilaxis, alimentación, cosecha, transporte y postprocesado de los individuos cultivados, la conceptualización,

diseño, construcción, mantenimiento y administración de la infraestructura que soporta los procesos de cultivo, entre otros. (Cano y Ortiz, 2007).

Dentro del sistema de producción acuícola para el langostino malayo se definen tres sistemas de producción dependiendo de su densidad de siembra, producción y manejo de la especie. Como se describe en el cuadro 4.

2.3.3. Sistemas de recirculación en acuicultura

Los sistemas de recirculación acuícola son un conjunto de procesos y componentes que se utilizan para el cultivo de organismos acuáticos, donde el agua es continuamente limpiada y re-utilizada. (Libey,1993). La recirculación está creciendo rápidamente en muchas áreas del sector acuícola y los sistemas se implementan en unidades de producción que varían de tamaño. Desde enormes plantas que generan muchas toneladas de pescado por año hasta pequeños sistemas sofisticados utilizado para repoblar o salvar especies en peligro de extinción. (Bregnballe, 2015).

Los sistemas de recirculación acuícola (SRA) se han venido desarrollado en los últimos treinta años y actualmente son los más intensivos en producción debido a la gran cantidad de organismos que pueden soportar por metro cúbico de agua. (Timmons *et al*, 2002). Su uso se ha implementado en la acuicultura cada vez con mayor frecuencia considerándose tecnologías limpias y ambientalmente adecuadas. (Arredondo *et al*, 1996). En el cuadro 5 se muestran los principales elementos que componen los SRA.

Cuadro 4. Clasificación de sistemas de producción acuícola para la producción de *M. rosenbergii*.

Tipo de sistema	Densidad de siembra	Nivel de producción	Manejo de los organismos
Extensivo	Densidad de 1-4 / m ² . Tampoco es monitoreado. El alimento no se suministra normalmente; y la fertilización orgánica es rara vez aplicada.	Con una producción de menos de 500 kg/ha/año	No existe un control en la calidad del agua; la mortalidad y el crecimiento de los organismos Se refiere al cultivo de langostino malayo en estanques de tierra o estanques de concreto o geomembrana.
Semi-intensivo	4 a 20 PL o juveniles de langostino malayo por metro cuadrado.	Con una producción que oscila en menos de 500 kg / ha / año de langostino malayo.	Se suministra alimento por raciones. Se lleva un control de depredadores Calidad del agua, sanidad y se monitoriza la tasa de crecimiento. Esta es la forma de cultivo más común en zonas tropicales.
Intensivo	Densidad de siembra de 20 PL/m ² .	Producción de más de 5 ton/ha/año.	Elevado intercambio de agua, aireación continua y una Obteniéndose en promedio una Alimentación con elevados porcentajes de proteína, eliminación de depredadores y competidores, calidad del agua y aspectos sanitarios.

Cuadro 5. Elementos que componen los sistemas de recirculación acuícola.

Elemento	Función	Característica
Biofiltro	Oxidación del amonio a nitrito con ayuda de bacterias nitrosomonas y nitrobacter.	Cepas biológicas Filtros de medio expandible Sustratos: grava, mallas, concha de molusco.
Desgasificación	Eliminar CO ₂	Filtros físicos y suministro de oxígeno.
Aireación	Disolución del oxígeno de la atmosfera	Agitadores, sopladores, tubos Venturi. Para oxigenación
Remoción de partículas	Remoción de sólidos sedimentables, en suspensión y finos	Se utilizan filtros mecánicos, filtros de pantalla y medio granular.
Circulación del agua.	Reutilización del agua. Recambios de menos del 10% Control de parámetros físico-químicos.	Sistemas de distribución adecuados a la producción

Jiménez, J, 2012

2.4. Concepto de evaluación de sistemas

Los progresos realizados en un sistema deben ser medidos o evaluados para conocer las deficiencias y problemas que éste presenta. Aunque una evaluación cualitativa puede resultar útil en las etapas iniciales del desarrollo del sistema, medidas cuantitativas bajo unas mismas condiciones resultan de vital importancia para ver el

progreso real del sistema y compararlo consigo mismo o con otros. (Pasamontes, 2001).

2.4.1. Evaluación de los sistemas acuícolas

2.4.2 Evaluación biológica

Los indicadores más utilizados dentro de las evaluaciones biológicas dentro de la acuicultura:

Crecimiento

Es el resultado de la división celular y de la síntesis de proteínas. Se refleja por el aumento del tamaño y peso, del conjunto o de cualquiera de sus partes. (Romá, 1996).

Mortalidad

La mortalidad se define como el número de muertes de los organismos dentro del sistema de producción, en un lapso de tiempo y por una causa concreta. (Lanza, 1991).

Biomasa

Peso vivo o peso total de la materia viva en una superficie determinada. En acuicultura, peso total de los organismos por unidad de área del lugar donde se realiza el cultivo. (Lanza, 1991).

Para el conjunto de organismos son:

- Índice de conversión de la biomasa (ICA)

Indica la eficiencia de utilización del alimento alcanzada por los organismos del cultivo durante un período dado de su ciclo de producción. (Meyer, 2004).

El ICA es calculado así:

$$\text{Índice de conversión alimenticia} = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Producción neta de organismos}}$$

Productividad

Tasa de generación de biomasa por unidad de tiempo. (FAO, 1995).

2.4.3 Evaluación económica

Análisis de la estructura de costo

El análisis de costo define el peso (la proporción relativa) de un solo artículo de costo variable, fijo y total. Al mostrar la distribución de los recursos financieros entre los factores de producción, el análisis de la estructura de costos es útil para los acuicultores que buscan mejorar la rentabilidad de su granja. (Hishamunda *et al*, 2002)

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad muestra cómo la variación de los costos o las cantidades de los factores de producción afectan la rentabilidad de la piscicultura. Es útil para evaluar los riesgos asociados con un negocio (Hishamunda *et al*, 2002). Se deben realizar análisis de sensibilidad sobre parámetros clave (Engle, 2010).

Análisis financiero

El análisis financiero es la evaluación de la solvencia, liquidez, rentabilidad y eficiencia financiera del sistema acuícola. Los indicadores de solvencia se refieren al valor de los activos en comparación con el monto de los pasivos en el sistema acuícola (Engle y Neira, 2005). Los indicadores de liquidez se refieren a la capacidad del sistema para cumplir con sus obligaciones de flujo de efectivo (Engle y Neira, 2005). Los indicadores de rentabilidad generalmente se calculan restando los costos totales de los ingresos totales (Engle y Neira, 2005). Los indicadores de eficiencia financiera se refieren a la eficacia con que una unidad de producción puede generar ingresos (Becker *et al*, 2014).

Análisis de flujo de efectivo

El flujo de efectivo comprende el análisis de las entradas y salidas de efectivo del sistema de producción. Así mismo se puede usar para evaluar las necesidades de endeudamiento y determinar el efectivo necesario para reembolsar cualquier préstamo nuevo, la capacidad de pago del préstamo y cuándo es posible reembolsar el préstamo, es decir, el período de recuperación (Hishamunda *et al*, 2002).

2.4.4. Evaluación operativa

La evaluación operativa, está basada en la eficiencia del operador del sistema en las diferentes actividades que se deben de realizar diariamente para que los subsistemas trabajen de forma óptima y se puedan crear las condiciones adecuadas para el desarrollo de las fases de producción objetivo (New, 2002). La evaluación operativa considera los siguientes elementos como:

1. Manejo de reproductores y tanques de desove
2. Manejo de las maternidades
3. Manejo de la estanquería
4. Manejo de la alimentación
5. Preparación del alimento (fase larval y postlarva)
6. Cosecha de la postlarva
7. Empaquetado y transporte

2.5 Concepto del agroecosistema desde el enfoque acuícola

La acuicultura como una de las biotecnologías con más rápido desarrollo en las últimas décadas, ha tomado la iniciativa en la producción de proteína animal, aprovechando el recurso agua de una forma eficiente y sustentable. Desde el enfoque acuícola podemos definir al agroecosistema como una unidad en la que intervienen factores internos siendo estos físicos, químicos y biológicos, así como factores externos como políticos, económicos, sociales y ambientales para el aprovechamiento de una especie acuícola en cualquiera de sus fases de desarrollo.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Situación actual de la producción de langostino malayo

Algunas de las especies de *Macrobrachium* tienen un alto valor económico sobre la base de su sabor, alto contenido de proteína y atractivo visual, siendo un producto bien cotizado como alimento para consumo humano (Kent, 1995).

La producción mundial de langostinos del género *Macrobrachium* es reducida, al compararla con la de los decápodos marinos de la familia *Penaeidae*, debido quizás a que estos, por sus características poblacionales de hábitat, pueden ser extraídos masivamente del mar y existen técnicas bien establecidas para la producción de juveniles de las principales especies de interés empleadas en la acuicultura.

Distinto es el caso de las especies de *Macrobrachium* que no son explotadas o producidas en la misma escala. Su pesca reporta cifras mucho más bajas, al igual que la producción en cultivo. Sin embargo, el que sea un producto que puede cultivarse en agua dulce (New, 2002, 2005), su pesca y cultivo reviste gran importancia, sobre todo en zonas alejadas de la costa, donde el agua salada no es fácilmente disponible.

De acuerdo a la FAO, desde 1980 la producción mundial de langostinos de agua dulce vía la acuicultura se ha ido incrementando constantemente, estimándose en la actualidad en aproximadamente 460.000 ton año⁻¹ de las cuales casi la mitad corresponden a *M. rosenbergii*, proveniente de Asia (New, 2009). La otra mitad, que proviene presumiblemente de la pesca, menos del 20% corresponde a América Latina con producción o pesca principalmente de especies nativas de gran tamaño y con demanda en el mercado (New, 2009).

Es importante señalar que no existen o no están disponibles datos actualizados de explotación pesquera en América Latina, pues en todos los países de la región la pesca de este género es principalmente artesanal o de subsistencia por parte de comunidades asentadas en las márgenes de los ríos; con frecuencia ejercida de manera informal o ilegal y, en la mayoría de los casos, su captura no es reportada o documentada oficialmente.

3.2. Principales productores de langostino

A nivel mundial, el mercado es abastecido principalmente por *Macrobrachium rosenbergii*, que se produce en India, China y Tailandia, desde donde se exporta a Europa, Asia y Norteamérica. (New., 2009). En la siguiente figura se muestran los principales productores de langostino malayo.



Figura 1. Principales países productores de *M. rosenbergii*

En las siguientes figuras podemos observar la producción de langostino malayo a nivel mundial por pesca y acuicultura.

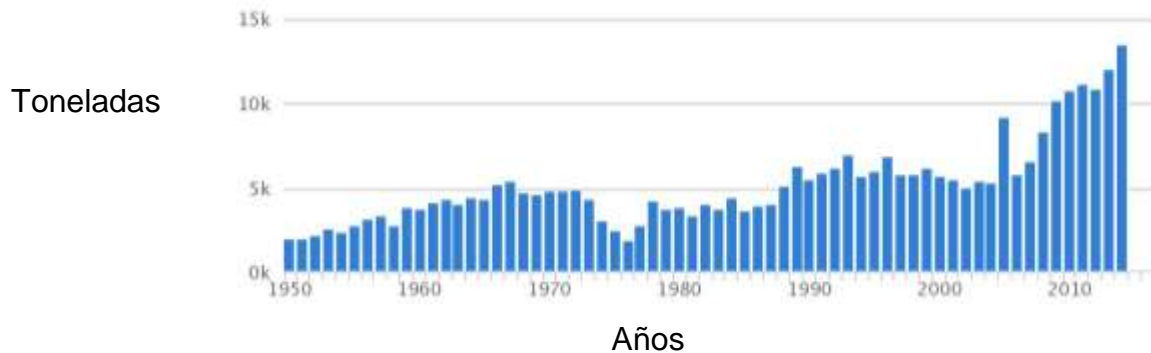


Figura 2. Producción mundial por captura de *M. rosenbergii*.

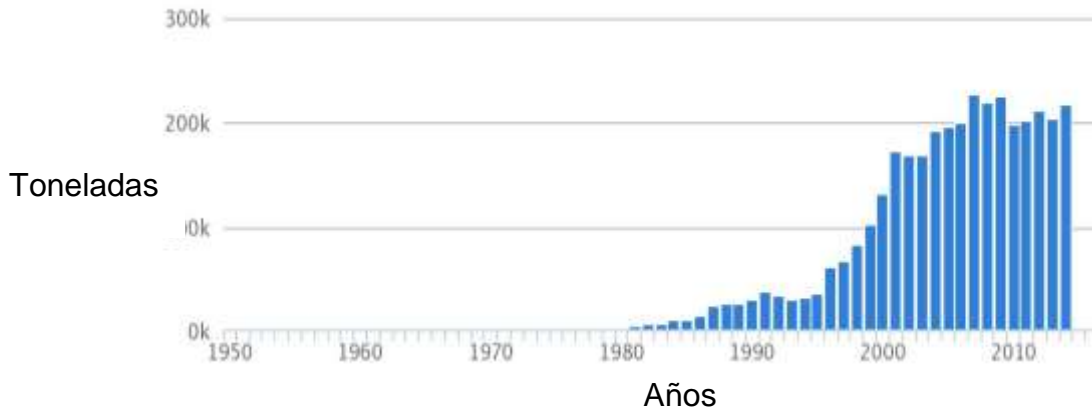


Figura 3. Producción mundial acuicola de *M. rosenbergii*.

FAO Fish Stat

3.3. Modelos de producción de postlarva

Modelo del agua clara

El modelo de agua clara se basa principalmente en los sistemas cerrados con recirculación de agua, los cuales ofrecen un ambiente más eficiente y controlado para los organismos. Los costos no son elevados y proporcionan buenos dividendos. En estos sistemas el agua de desperdicio cargada con subproductos metabólicos de los organismos acuáticos, se recicla con purificación biológica y física, reutilizándola en más de un 90 % (Hernández, 2009).

Modelo del agua verde

Los estudios sobre las fases larvales de *M. rosenbergii* se basan inicialmente en el concepto del modelo de "agua verde", que fue desarrollado por Ang y Cheah (1987) en Malasia. El modelo de agua verde comprende un cultivo mixto de fitoplancton en el que se utiliza *Chlorella spp.* Principalmente. Manteniendo una densidad celular de aproximadamente 750 000-1 500 000 células / ml. También se utiliza una solución de fertilizante mezclada con agua corriente la cual se agrega a los tanques al menos una vez por semana para mantener el cultivo. La solución fertilizante se prepara usando cuatro partes de urea a una parte de nitrógeno, fósforo y sodio (NPK, 15:15:15). Se

debe de añadir sulfato de cobre, a razón de 0,6 ppm al agua verde a los estanques o tinas vez por semana para controlar los rotíferos (Wilder *et al*, 2004).

3.4. Manejo de reproductores

Los machos maduros de *M. rosenbergii* presentan un fenotipo característico, ya que son considerablemente más grandes que las hembras, además las quelas de los machos son más grandes y gruesas, con una coloración azul mucho más intensa que el de las hembras. La cabeza del macho es proporcionalmente más grande y su abdomen más estrecho, mientras que las hembras presentan coloraciones más opacas, cabezas y quelas más pequeñas y su poro genital en la base del tercer par de periópodos (Pinheiro, 1998).

Morfotipos

Tres morfotipos masculinos distintos y varias formas intermedias se han descrito para *M. rosenbergii*. Los de quela azul o Blue claw (BC), caracterizado por sus quelas extremadamente largas, era la única variedad de hembra descrita para esta especie durante los primeros estudios sobre la especie y su biología (Rao 1965, Ling 1969a). Un segundo tipo de macho, un macho enano con quelas pequeñas fue descrito por primera vez entre las poblaciones de las granjas acuícolas. (Fujimura y Okamoto, 1972). Estos machos enanos atrofiados (SM) se diferenciaron inicialmente de los jóvenes menores por su mayor edad. El tercer tipo de macho, el macho de quela naranja u Orange claw (OC) fue descrito por primera vez por Sandifer & Smith (1977), quien enfatizó el color dorado de sus quelas y su longitud: 30 a 70% más pequeño que los de los machos BC.

3.5. Selección de hembras ovígeras

La selección de hembras ovígeras se da principalmente por la presencia de la masa de huevos visible en la zona abdominal de la hembra y que presenta una coloración naranja intensa. En los trópicos, las hembras ovígeras pueden obtenerse durante todo

el año de unidades de producción dedicados a la engorda y mantenimiento de reproductores.

El número de hembras disponibles va a depender de la época del año. En la naturaleza, las hembras generalmente no se vuelven fértiles hasta alcanzar un rango de peso entre los 20 y 40 g. Los huevos obtenidos de estas hembras son de buena calidad y proporcionan altas tasas de supervivencia después de la eclosión. Sin embargo, las hembras cultivadas como reproductores comienzan a cargar los huevos muy temprano, incluso en un peso que va desde los 7 a los 10 g. Esto conduce a huevos y larvas de mala calidad y, durante las generaciones sucesivas, las hembras maduran aún más precozmente.

Una hembra madura de aproximadamente 80 g de peso y 18 cm de longitud puede producir alrededor de 60,000 huevos, una hembra grande puede producir hasta 100,000 huevos (Wilder et al, 2004).

Las hembras maduras mantenidas en el laboratorio pueden poner huevos dos veces en un plazo de cinco meses. Es bastante posible, por lo tanto, que puedan poner huevos de 3 a 4 veces en un año en condiciones naturales (Ling, 1978).

3.6. Desarrollo embrionario

La fase embrionaria del langostino malayo inicia con la formación de la gónada en la parte superior del cefalotórax de la hembra, después de la copula los huevos son llevados a través de los gonoporos con ayuda de las setas ovopositoras (pelos rígidos) hasta la base del tercer par de periópodos, después de este proceso los huevos son fecundados con el semen que se encuentra adherido al cuerpo de la hembra, los huevos se mantienen adheridos al cuerpo de la hembra por una cámara ovígera y son oxigenados por los movimientos vigorosos de los periópodos. La fase embrionaria de *M. rosenbergii* puede durar entre 18 a 23 días dependiendo de las condiciones de temperatura (New, 2002).

Los huevos son ligeramente elípticos, de eje largo de 0,6 a 0,7 mm, de color naranja brillante y cada uno tiene una membrana delgada (Ling, 1978).

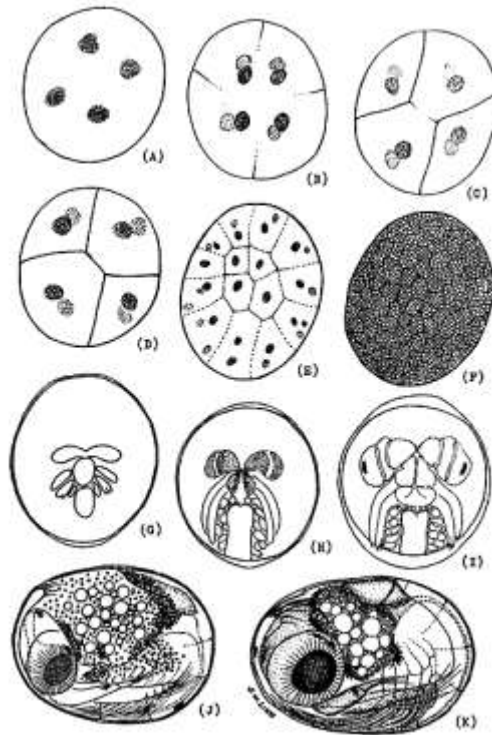


Figura 4. Desarrollo embrionario del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*, segmentación y desarrollo embrionario. Las etapas se refieren al período transcurrido desde la fertilización. (A) 7 h - finalización de la segunda división nuclear. (B) 8 h 45 min - tercera división nuclear casi completada, aparición de 4 surcos de escisión. (C) 8 h 55 min - se completó la tercera división nuclear, las puntas de los 4 surcos de escisión se encontraron en 2 puntos desde los cuales se está desarrollando el surco medio. (D) 9 h - formación completa de 4 cuadrantes (blastómeros). (E) 14 h - 32 núcleos. (F) 24 h - finalización de la segmentación. (G) 6 días - formación de papila caudal. (H) 7 días - formación de vesícula óptica. (I) 9 días - pigmento ocular desarrollado. (J) 14 días - larva completamente formada. (K) 19 días - larva lista para eclosionar. (Ling., 1978).

3.7. Desarrollo larval

En esta etapa, a medida que los huevos eclosionan, proceso que puede durar entre uno a dos noches, las larvas (zoea) se dispersan con movimientos rápidos de sus apéndices abdominales del saco ovigero de la hembra. Las larvas de *M. rosenbergii* son planctónicas y nadan hacia adelante con la ayuda del uropódo, con la zona ventral hacia arriba. Requiere de agua salobre para sobrevivir y las que no logran llegar tienden a morir. La etapa larval suele durar 16 a 21 días, pero dependerá de la temperatura y de ciertos factores del medio donde se desarrolle. (New, 2002). Las principales características que se desarrollan en la fase larval se pueden observar en el anexo 3 y anexo 4.

3.8. Fase de postlarva

Al finalizar su vida larval, *M. rosenbergii* sufre una metamorfosis que lo lleva a la fase de postlarva (PL), a partir de este punto se asemejan a los adultos y nadan libremente en el cuerpo de agua de manera normal (parte dorsal hacia arriba). Las postlarvas tienen una alta tolerancia a los cambios de salinidades y en condiciones de laboratorio pueden ser alimentados con nauplios de *Artemia* o alimento fresco como calamar y almeja. Una de las problemáticas que se presenta en esta fase es que las postlarvas son caníbales (Ling, 1969b).

- Alimentación en las fases larvales y de postlarvas.

Diferentes alimentos comerciales, diseñados para las etapas larvales de organismos acuícolas pueden ser usados para la alimentación de las larvas y postlarvas de *M. rosenbergii*. La selección de una fuente alimenticia adecuada para la producción de postlarvas de langostinos (PL) no solo se determina por los requisitos nutricionales de los organismos, sino también desde el punto de vista práctico del productor, una buena dieta también debe contar con un suministro confiable y constante, ser rentable y simple, así como versátil en su aplicación (Jobling, M, 2012). La *Artemia* posee una composición adecuada de aminoácidos, lo que facilita su fácil digestión y aportación de los elementos necesarios para las fases larvales y de postlarvas. En el cuadro No. 7 se

presentan los principales aminoácidos en las diferentes etapas de desarrollo de la *Artemia*.

Uno de los alimentos más usados en la industria de la postlarva es el uso de la *Artemia salina*, que tiene la propiedad de formar embriones inactivos llamados quistes. Este organismo presenta características nutricionales adecuadas para el crecimiento de las postlarvas, además que la primera etapa de desarrollo de la *Artemia* se adecua al tamaño de la boca de las postlarvas en sus etapas iniciales de desarrollo larval (Jobling, M, 2012).

Cuadro 6. Composición de aminoácidos en las diferentes etapas de desarrollo de *Artemia*.

Aminoácido	Etapa			
	Quistes ^b	Quistes desencapsulados ^{a,c}	Nauplios ^{a,c}	Juveniles y adultos ^{b,c,d}
Acido aspártico	8.6	7.7-11.6	7.6-9.4	5.8-10.5
Treonina	4.1	4.3-5.8	4.3-5.2	2.4-6.3
Serina	6.3	5.7-7.7	5.5-5.2	2.6-6.2
Ácido glutámico	10.3	11.0-13.9	11.2-12.3	7.5-13.9
Prolina	5.0	3.6	4.2	3.3-10.9
Glicina	4.0	3.9-4.1	4.0-4.9	2.7-11
Alanina	5.1	4.1-4.8	4.4-5.1	3.6-6.7
Cistina	1.3	1.1-1.3	1.1-1.6	0.1-2.3
Valina	4.9	4.9-6.2	4.9-5.9	3.2-7.4
Metionina	2.1	2.5-3.0	2.3-1.9	0.7-2.3
Isoleucina	4.4	4.8-9.9	4.7-5.3	3.0-6.3
Leucina	6.0	6.6	6.5-7.4	4.5-8.2
Tirosina	5.2	3.3-4.4	3.4-3.7	2.2-5.0
Fenilalanina	3.4	3.9-5.2	3.9-4.4	2.3-6.4
Histidina	2.7	2.7-3.2	2.5-3.5	1.3-3.6
Lisina	7.1	7.1-9.3	7.3-8.1	4.2-9.9
Arginina	6.4	7.0-9.3	6.8-16.1	2.7-8.2
Triptófano	0.9	1.3	1.2	-
Aminoácidos totales	87.8	85.5-111.6	85.8-105.4	52.1-125.1

a García-Ortega *et al*, 1998

b Lim *et al*, 2001; adults fed on rice bran

c Dendrinós y Thorpe 1987; adults fed on yeast

d Trotta *et al*, 1987.

Además de la *Artemia* existen dietas suplementarias (cuadro 8) que no existen en el mercado y son formulaciones semi-húmedas a base de huevo, harina de arroz, además de una premezcla de vitaminas y minerales, cocinadas a fuego lento. Un factor importante en la preparación satisfactoria de este alimento es la temperatura en que se cocina ya que de esto dependerá la suavidad del alimento y la preferencia de las larvas para ingerirlo (Tunsutapanich, 1984).

Cuadro 7. Composición y valor nutritivo de alimento a base de huevo para larvas de *M. rosenbergii*.

Alimento semihúmedo		
	% de materia seca	
Análisis proximales	*	**
Proteína	22.8	44.4
Grasa	4.5	39.4
Carbohidrato	49.0	8.2
Fibra	5.7	-
Ceniza	3.3	3.8
Humedad	14.7	4.2

* Adisukresno *et al*, (1982).

** Tunsutapanich *et al*, (1984); Pitipornchai (1998).

3.9. Manejo de la postlarva y Comercialización

Las postlarvas no deben de permanecer durante más de una semana en los tanques de almacenamiento o más de dos antes de pasar a la fase de preengorda. El tiempo de mantenimiento va a depender de la demanda de la postlarvas, si el tiempo de almacenamiento se prolonga, se debe de reducir la densidad de los animales, Mientras que las PL están en los estanques de mantenimiento se debe de continuar con los recambios de agua (40-50% cada 2-3 días) y proporcionar aireación continua. La densidad de los estanques es de 5000/PL/m². La densidad de transporte va a depender del tipo de contenedor que utilice, el tipo de aireación y el tiempo de viaje. Para tiempos de viaje de una o dos horas hasta el sitio de siembra, se manejará una densidad de 1000 PL/L de agua. Para largas distancia se recomienda una densidad de 250-400 PL, transportadas en bolsas de plástico de 45 cm x 80 cm, con 8 L de agua (New, 2002).

- Temas de investigación sobre la especie

En el Centro Internacional de Investigación de Japón para las Ciencias Agrícolas (JIRCAS) en colaboración con la Universidad de Tokio, se ha determinado la secuencia completa de aminoácidos de la proteína de la yema en *M. rosenbergii* y *P. japonicus* y se encontró que existe un alto grado de relación entre las dos especies. (Tsutsui et al., 2000; Okuno et al., 2002).

- Estudios sobre el desarrollo larval utilizando el modelo de agua verde mejorado

Los estudios sobre la fase larval de *M. rosenbergii* en este proyecto se basaron inicialmente en el concepto del modelo de "agua verde", que fue desarrollado por Ang y Cheah (1987) en Malasia. Se realizó un estudio inicial para confirmar si el modelo de "agua verde" es aplicable a las condiciones locales del delta del Mekong y si es fácilmente transferible a los usuarios. Esto se llevó a cabo como un experimento comparativo entre los modelos de recirculación de agua y el modelo de agua verde.

- Principales estudios realizados en América Latina

Mercado, (1959), hizo quizás los primeros esfuerzos para evaluar el potencial de cultivo, pero no ofreció resultados concluyentes. Mientras que Bowles *et al*, (2000) efectuaron una revisión de los factores ambientales que amenazan su supervivencia, destacando la contaminación y desvío de los ríos como los más graves. Así mismo Mejía-Ortiz *et al*, (2001) analizaron la fecundidad de diferentes especies del género en ríos de México. Murphy y Austin (2005) realizaron extensos estudios sobre la distribución global del género, dando detalles de su biogeografía y taxonomía, explicando la relación evolutiva entre anfidromía y desarrollo abreviado de las larvas.

IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1. HIPÓTESIS

El diseño y evaluación de un modelo de producción de postlarva de *M. rosenbergii*, nos permitirá generar un sistema de producción comercial adecuado a la región del Sotavento.

4.2. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de producción de postlarvas de langostino malayo rentable para la región de Sotavento, Veracruz, México.

4.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar el modelo de producción de postlarvas de langostino malayo.
2. Definir el funcionamiento del modelo de producción de postlarvas de langostino malayo.
3. Optimizar el sistema de producción
4. Construir y operar un sistema de producción de postlarva con base al modelo.
5. Evaluar la productividad y rentabilidad del sistema de producción de postlarvas de langostino malayo.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Área de estudio

El trabajo se desarrolló durante los años 2017 y 2018 en la zona central del estado de Veracruz, en la región de Sotavento, dentro del área de influencia del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y la localidad de Delfino Victoria (Santa Fe). Esto por la facilidad para la obtención del material necesario para el diseño e instalación del modelo de producción. La región de Sotavento cuenta con condiciones climáticas, de comunicación, acceso al agua salada, tecnología, materiales y equipos para desarrollar la actividad acuícola en cuanto a la producción de postlarvas se refiere.

Para conocer el status de crecimiento y engorda de los organismos dentro del sistema de producción se realizaron biometrías periódicas. La talla se tomó con un ictiómetro de plástico marca Aquatic y el peso con una báscula electrónica IBN. Para el pesado de las larvas y postlarvas utilizó una báscula granataria, por el método de volumetrías.

5.2. Diseño del modelo

5.2.1. Diseño de la función de producción.

El diseño del modelo fue realizado en hoja de cálculo con el programa Excel 2016. En los cuales se manejó la función de producción basándonos en las variables (cuadro 9) biológicas más importantes de la especie.

La función de producción considera las siguientes variables:

Cuadro 8. Variables de la función de producción.

Variables	Unidad de medición	Observación	Referencias
Ciclos producción	ciclos	Ciclos de 40 a 45 días.	(Bart & Yen, 2003, 2007)
Hembras por modulo	Número	Tres hembras por un macho	(Varghese <i>et al.</i> , 1992)
Peso promedio de la hembra	gramos	15 a 35 g	(Wilder, M.N., <i>et al.</i> , 2004).
Fecundidad	Número de huevos/hembra	1450 huevos por gramo de hembra	(Cavalli <i>et al.</i> 2001a)
Eclosión	porcentaje	91 al 95%	(Tidwell <i>et al.</i> , 2005)
Sobrevivencia de larvas	porcentaje	33 al 35%	(Bart & Yen, 2003, 2007)

5.2.2. Diseño del modelo económico

El modelo económico se desarrolló con base en los indicadores que se presentan en el cuadro 10. Estos indicadores se relacionaron entre si usando una hoja de cálculo en Excel 2016.

5.3. Diseño del sistema de producción

Para el diseño del sistema de producción se utilizaron los programas:

- AutoCAD 2018 con él se generaron los diagramas técnicos de los subsistemas.
- Sketchup 2018 se diseñó el módulo de producción en un formato 3D, con el cual se puede observar desde diferentes ángulos el sistema y sus componentes.
- Corel Draw se diseñó el sistema con el uso de vectores para ver el funcionamiento de cada uno de los subsistemas que conforman el módulo.

5.4. Instalación del sistema de producción

Se instaló un sistema de producción de postlarvas contando con las siguientes características:

Infraestructura

- Zapatas de concreto, con un diámetro de 30 cm por 82 cm de alto y tubo de fierro al centro para dar mayor soporte.
- pilares, de bambú de 3 pulgadas de ancho por 2.7 m de alto hasta la base del techo.
- Vigas de bambú de 3 pulgadas de ancho por 4.10 m de largo.
- Viguetas de bambú de 3 pulgadas de ancho por 1.16 y 2.24 de altura.
- techo de dos aguas con tres laminas marca Ondura color verde de 2 m x 1.23 m de ancho y dos laminas translucidas del mismo tamaño. Las láminas fueron sujetas a las vigas con clavo de acero con capuchón de plástico de 2”.
- Paredes reforzadas con polines de madera de 8 cm de ancho y recubiertas con tela de mosquitero de nylon color gris. Además de contar con una sobre protección de lona de polietileno de uso rudo, para la conservación de la temperatura.
- Piso de tabique

Subsistema eléctrico

- Centro de carga con una pastilla de 20 amperes.

- Centro de control de bombas conformado por 14 apagadores individuales.
- Tendido eléctrico de dos líneas, fue instalado con cable thw-ls / thhw-ls calibre 10 c/100 mts rojo y cable thw-ls / thhw-ls calibre 10 c/100 mts negro protegido con tubo conduit ligero de 19 mm (3/4") aboc.
- Chalupa poliflex color verde para conectar bombas.
- Contactos de tres fases marca bticino, uno en la entrada principal y otro en la alzada trasera.
- Focos led para la iluminación general.
- Lámpara independiente por tina

Subsistema hidráulico

- Toma de agua dulce potable para suministrar a las tinas a través de una manguera de pvc de ½ pulgada y con conexiones de latón.
- El agua salada fue suministrada por el acuario de Veracruz y almacenada en tambos de 200 l dentro del módulo.
- 14 tinas, marca Sterilite con dimensiones de 60 cm x 46.7 cm x 37.8 cm (68 l)

Subsistema neumático

- 14 bombas de 4.5 W marca Máxima con manguera de acuario y piedra difusora para acuario de 4 cm por 15 mm de diámetro.

Subsistema biológico

- Reproductores hembras con un peso promedio de 30 grs y machos con un peso promedio de 35 grs.
- Filtro biológico conformado por un tubo de pvc de 10.8 cm de diámetro x 25 cm de alto y un sistema airlift. Como sustrato se usó concha de ostión triturada.

Subsistema operativo

Técnico con conocimientos básicos en acuicultura, trabajando ocho horas diarias, como controlador de la operatividad del sistema

Cuadro 9. Indicadores que intervienen en el modelo económico de producción de postlarvas.

Indicador	Unidad de medición	de	Observación
Costos	Dinero		Costos de inversión y de operación
Valor actual neto	Unidad		Si el valor presente es positivo, el proyecto debe ser aceptado, si es negativo, será rechazado.
Tasa interna de retorno	Unidad		La tasa de descuento cuando el VAN es igual a 0
Relación beneficio-costos	Unidad		El proyecto es aceptable si la relación B/C tiene un valor mayor que 1.
Punto de equilibrio	Unidad		Rango óptimo de ventas de postlarvas para lograr una determinada utilidad
Precio de venta	Dinero		Cantidad de dinero que se cobra por un producto o servicio.
Ingreso	Dinero		Corriente real de producción y comercialización.
Utilidad	Dinero		Consumo del bien o servicio
Horizonte del proyecto	Años		Tiempo en el que se debe de cumplir con los objetivos de producción

5.5. Optimización del sistema de producción

Durante el desarrollo de la investigación, una parte fundamental fue el análisis del sistema de filtración, debido a que de esto dependió la buena calidad de agua que se le proporciono a los organismos, durante sus diferentes fases de desarrollo.

- Diseño experimental

Se utilizó un modelo estadístico completamente al azar con cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los resultados se analizaron a través de un análisis de varianza y la prueba de Tukey. Los datos resultantes fueron analizados con el programa IBM SPSS statistics 25 y Rstudios.

El experimento consistió en dos partes: la primera parte inicio con la instalación de 14 filtros hechos con un tubo de pvc de 25 cm de alto por 10.8 cm de diámetro instalados a cada tina de 68 L. El filtro estuvo conectado con la tina a través de una “L” invertida de tubo de pvc de 1” de diámetro la cual reenviaba el agua filtrada a la tina. El agua fue recirculada a través de un sistema airlift compuesto por una bomba eléctrica de acuario de 4.5 W conectada al sistema. Se utilizaron 4 sustratos: arena sílica de 1mm, concha de ostión triturada, arpillera cebollera recortada al diámetro del tubo (110 ruedas de arpillera) y como blanco solo se usó fibra verde. Se realizaron cuatro repeticiones por sustrato, dos en el caso del blanco y cada una de ellas contaba con fibra verde en el fondo del filtro como sostén del sustrato principal.

Los parámetros físico-químicos como el amonio, dureza, calcio, nitritos y nitratos fueron medidos con kit de análisis de la marca AZOO Aqua test, el pH fue medido con un potenciómetro digital, el oxígeno y la temperatura fueron tomadas con un oxímetro YSI 550 A.

En cada una de las tinas se colocó una hembra con un peso promedio de 30 g y fue alimentada con alimento balanceado comercial de la marca silver cup al 25% de proteína y una tasa de alimentación al 3% de la biomasa y una frecuencia de 1 vez al día a las cinco de la tarde durante cinco semanas en los meses de octubre y noviembre.

- Preparación del alimento para las fases de larva y postlarva

La preparación del alimento para las etapas de larva y postlarva consistió en una dieta con los ingredientes mostrados en el cuadro 11. Las proporciones son útiles para alimentar mil larvas quincenalmente.

Cuadro 10. Dieta para los estadios larvales de *M. rosenbergii*

Ingredientes del alimento semihúmedo para la fase larval y de postlarva.

Huevos cocido	1
Harina de arroz	50 g
Filete	15 g
Aceite de bacalao	1 Capsula
Lecitina de soya	1 cucharada

Todos los ingredientes deben de ser licuados y la masa resultante cocinada al baño maría por 10 minutos.

- Alimentación con Artemia

Se utilizó quiste de Artemia salina marca Royal, la cual procesada como se muestra en el cuadro 12.

Debido a que el quiste de Artemia puede venir contaminado de forma natural con bacterias, esporas de hongos y otros organismos, así como de impurezas orgánicas, debe de pasar por un tratamiento de desinfección antes del proceso de desencapsulamiento. En el cuadro siguiente se muestra el proceso completo.

Cuadro 11. Proceso de producción de *Artemia*.

Proceso de desencapsulamiento	
Hidratación	Hidratar 1 g de quiste de <i>Artemia</i> en un litro de agua dulce o marina por una hora a 25°C con aireación abundante.
Desinfección	Después de la hidratación, los huevos son puestos en una solución de cloro comercial a una proporción de 50 ml de cloro y 100 ml de salmuera a 100 ‰ (100 g de sal/l de agua). Agitar vigorosamente sin que los quistes pasen más de cinco minutos en la solución de cloro. Enjuagar los quistes con abundante agua dulce o salada. En este proceso los quistes pasan de una coloración marrón a gris o naranja.
Eclosión	Después de la hidratación, se deben de retirar los quistes que floten en la superficie del contenedor y solo pasar al proceso de eclosión los quistes que se mantengan en el fondo. Después de 24 horas nacerán los nauplios de <i>Artemia</i> .
Cosecha	La aireación debe de detenerse en el tanque eclosionador por cinco minutos, esto hará que los quistes flotarán en la superficie y los nauplios recién eclosionados nadarán en parte media y en el fondo del tanque, el nauplio se puede extraer por el fondo a través de una llave de paso o con pipetas.
Conservación	El nauplio sobrante puede ser guardado en el refrigerador, para evitar la metamorfosis de la <i>Artemia</i> y pueda ser suministrado en las comidas posteriores.

Proceso basado en la propuesta de Van Stappen, (1996).

5.6. Proceso de producción de postlarvas.

Para el proceso de producción se manejaron las siguientes etapas:

1. Preparación del módulo, consiste en el lavado y desinfección de equipo de trabajo y de medición de parámetros físicos y químicos.
2. Manejo y selección de reproductores
3. Hembras ovígeras
4. Fase larval
5. Fase de postlarva.

En cada una de estas etapas se adaptaron las condiciones necesarias para el óptimo desarrollo de los organismos como es la distribución espacial, refugios y dietas adecuadas con alimento vivo, fresco y peletizado. Se midieron parámetros de calidad del agua y preparación del agua salobre. Como lo menciona New, (2002). El manejo adecuado de las etapas de producción, conllevara al óptimo cumplimiento de los objetivos en la producción de postlarvas y con ello a la generación de ingresos económicos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Modelo biológico función de producción

El modelo biológico resulto en la siguiente función de producción cuyas variables se muestran en el cuadro 13. Número de postlarvas por año $f(x)$ = número de ciclos por año x número de hembras x número de huevos por gramo de hembra x peso promedio de la hembra x porcentaje de eclosión x porcentaje de sobrevivencia.

Cuadro 12. Variables de la función de producción.

Variables	Datos
Ciclos	8.0
Hembras/modulo	14.0
Huevos/gramo hembra	890.0
Peso promedio hembra	15.0
% de eclosión	91.0
% de sobrevivencia	10.0
Resultado	299,040

Como se puede observar en la tabla anterior la estimación de la producción del módulo en cantidad de postlarva es de 299,040 postlarvas por temporada (año). Si consideramos que la cantidad producida es un espacio de 16 m², tiene una densidad productiva alta. Este resultado es similar a los modelos de producción más importantes a nivel internacional como lo plantea Marcy, (2005) comparado con la producción objetivo de las granjas en Asia a pequeña escala que es de 1 millón de postlarvas/ciclo.

6.2. Modelo económico

En el siguiente cuadro (cuadro 14) se presentan los resultados del modelo económico. Se observa que el modelo tiene una densidad económica alta, ya que en un espacio de 16 m², se obtiene una utilidad de \$396,080.00. El indicador de beneficio/costo es de 1.44. Referente al punto de equilibrio se observa que es de \$0.7 por postlarva. Tomando en consideración que el valor de venta es de \$2.00, existe un rango amplio de

seguridad. La utilidad es de una dimensión suficiente para amortizar la inversión el primer año, no obstante, se propone el cálculo de la tasa interna de retorno y del valor actual neto con el horizonte del proyecto a cinco años.

Cuadro 13. Análisis económico del modelo de producción de postlarvas.

Costos de inversión	\$ 93,014.20
Costos de operación	\$ 231,390.00
Precio de venta	\$2.00
PL Producidas	299,040
Ingreso	\$598,080.00
Utilidad	\$396,790.00
Costo/PL	\$0.67
Punto de equilibrio	\$219,000.0
Valor actual neto	\$1,202,254.49
Horizonte del proyecto	5

El periodo de amortización total del proyecto es de un año, ya que los ingresos son elevados y el beneficio-costo es de 2.44 esto quiere decir que por cada peso invertido se obtienen \$ 1.44 de utilidad. En los cuadros 15, 16 y 17 se muestran los costos de los subsistemas, así como los costos fijos y variables del proceso de producción.

Cuadro 14. Costos de los subsistemas.

Rubro	Unidad	Total
Instalación del Sistema	Maternidad	\$2,464.00
	Sistema Eléctrico	\$44,310.00
	Sistema Neumático	\$7,152.00
	Filtro Biológico	\$1,907.20
	Sistema Hidráulico	\$5,025.00
	Infraestructura	\$10,080.00
	S. Alimento Vivo	\$2,358.00
	Albercas INTEX 4485 L	\$7,718.00
	Contrato de luz	\$3,000.00
	Reproductores	\$6,000.00
	contrato de agua	\$3,000.00
Inversión		\$93,014.20

Cuadro 15. Costos fijos de la producción de postlarvas

Costos fijos	
Técnico	\$144,000.00
Agua de mar	\$4,000.00
Agua dulce	\$1,500.00
Energía eléctrica	\$3,000.00
Mantenimiento	\$3,000.00
Renta	\$36,000.00
Total	\$191,500.00

Cuadro 16. Costos variables

Costos variables	
Alimento peletizado	\$ 1,350.00
Quiste de Artemia	\$ 1,800.00
Alimento semihúmedo	\$ 2,460.00
Kit de análisis	\$ 3,000.00
Redes acuario	\$ 180.00
Red cuchara	\$ 1,000.00
Total	\$ 9,790.00

El desglose del material utilizado en la construcción del sistema se encuentra en el anexo 1.

6.3. Sistema de producción

6.3.1 Infraestructura

El módulo generado (figura 5) del modelo, cumple con la función de protección, mantenimiento de la temperatura, así como el área adecuada para desarrollar la producción de postlarvas en espacios pequeños.

APUNTE PERSPECTIVO Y ESQUEMA CONSTRUCTIVO

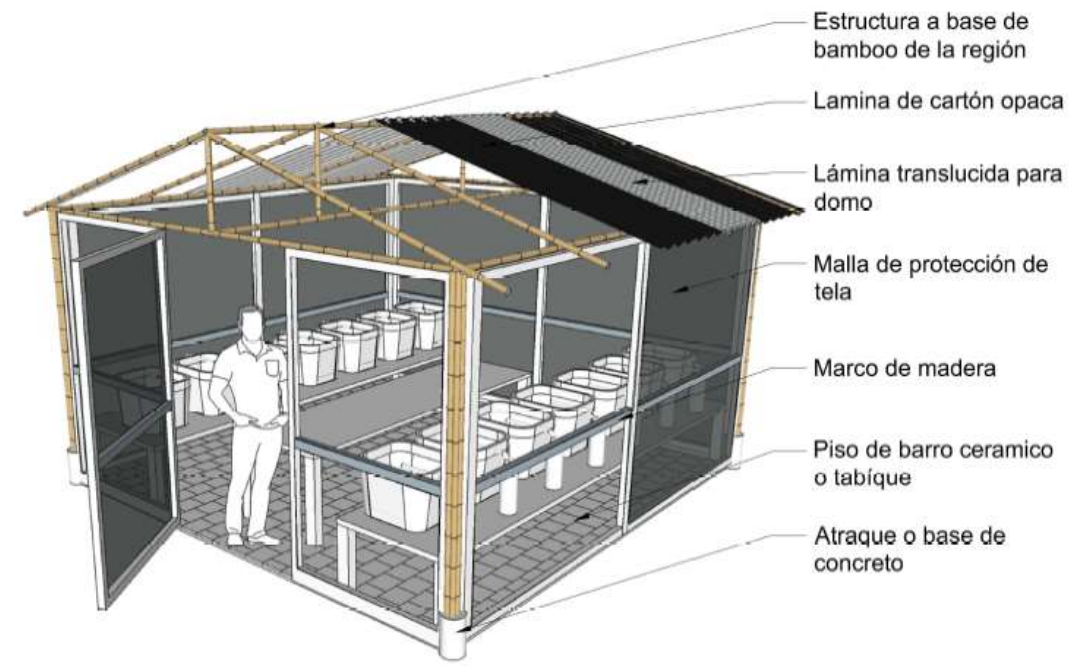


Figura 5. Módulo de producción de postlarvas de langostino malayo.

En la figura 6, se puede observar la distribución espacial de los subsistemas dentro del módulo de producción, así como las dimensiones generales de dicho módulo.

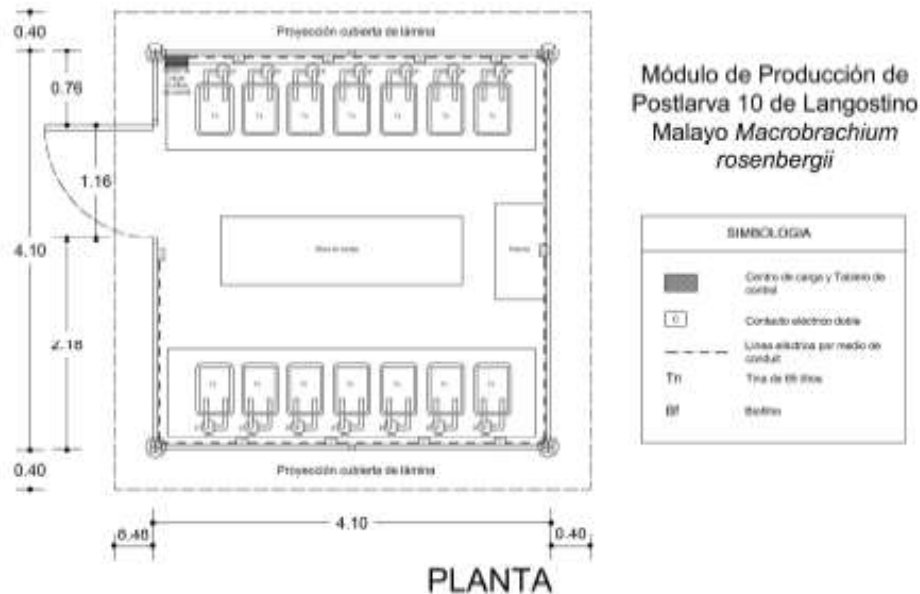


Figura 6. Vista superior del módulo de producción de postlarvas.

En la figura 7 se puede observar el alzado frontal del módulo, las dimensiones adecuadas para la estructura, cuenta con una puerta protegida con malla de mosquitero, para su fácil apertura y cerrado, para evitar la entrada de organismos ajenos al módulo, para esto se anexo un resorte de 50 cm.

El alzado lateral (figura 8), presenta una altura de 2.70 m, para mayor soporte contra las condiciones del clima, en la parte central de instalo una cruz de madera y forrada con malla de mosquitero, con protección extra de malla de polietileno. La malla de polietileno puede elevarse para el control de la temperatura.

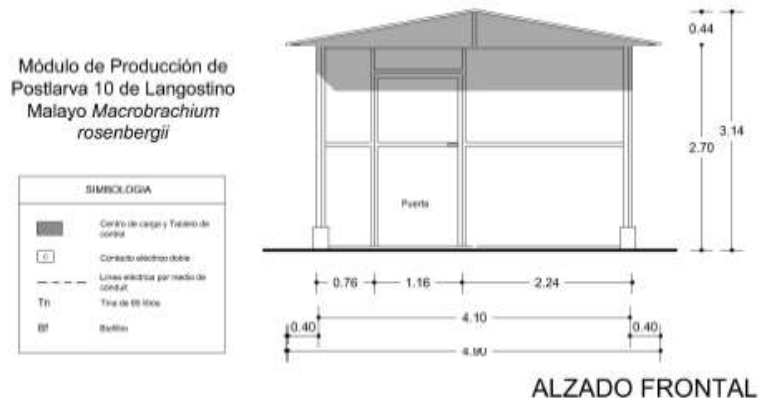


Figura 7. Alzado frontal del módulo de producción de postlarvas.

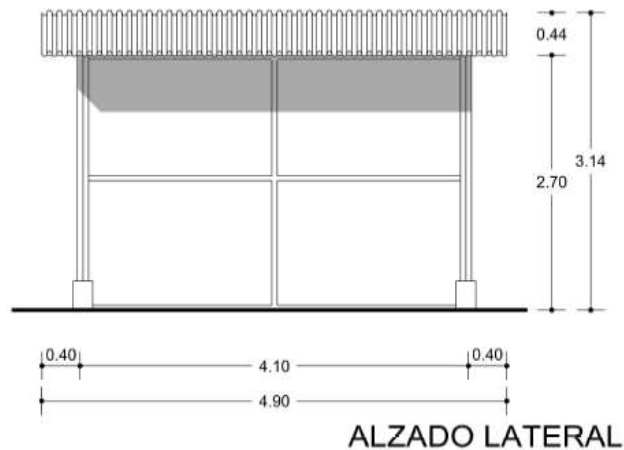


Figura 8. Alzado lateral del módulo de producción.

La cubierta superior del módulo (figura 9), además de proporcionar protección al módulo, fue construida con sistemas de láminas traslucidas para la penetración de la luz. Cabe destacar que Chávez *et al* (1991) sugirió que un fotoperiodo de 12 horas de

luz y 12 horas de obscuridad, a una temperatura de entre 30 y 32 °C, aumenta la frecuencia de las mudas de crecimiento y reproducción.

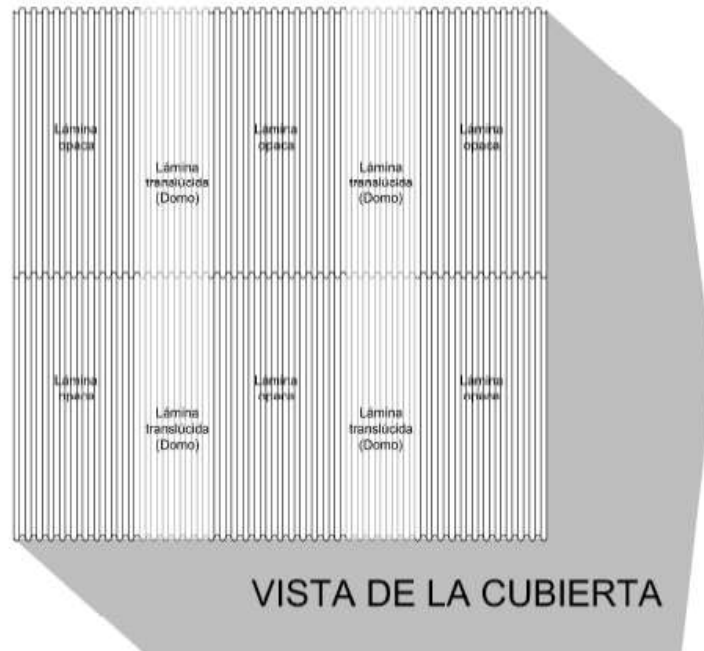


Figura 9. Vista de la cubierta del módulo de producción de postlarva.

6.3.2. Subsistema eléctrico

Una fuente de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento del sistema de producción, en la figura 10 podemos observar cómo está compuesto el subsistema eléctrico y la disposición de las líneas de distribución de energía eléctrica.

Como posible sistema de prevención y para evitar severas pérdidas en la producción de postlarvas, se debe de contar con un sistema de respaldo, como lo es una planta generadora de energía. También se pueden utilizar sistemas ecológicos para el suministro de la energía eléctrica al sistema, esta puede ser suministrada a través de paneles solares, para esto se debe de hacer un cálculo adecuado del consumo de energía del sistema.

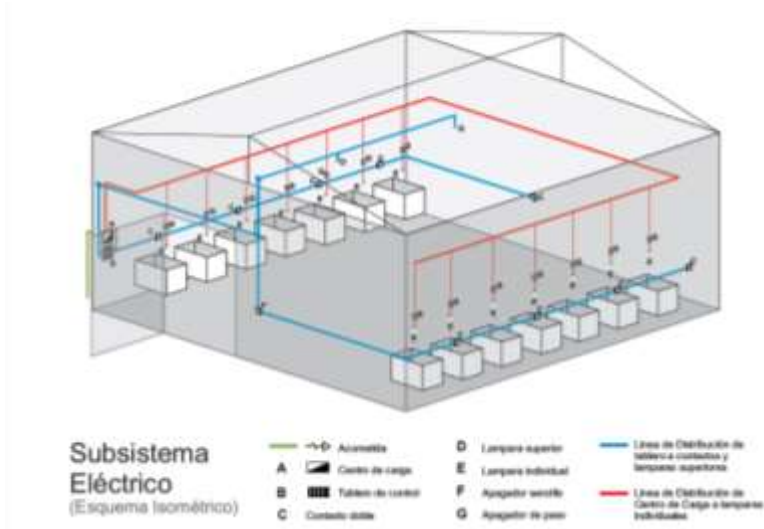


Figura 10. Subsistema eléctrico

6.3.3. Subsistema hidráulico y neumático

El suministro de agua potable y de un sistema de eliminación de aguas residuales, es una ventaja añadida al sistema de producción. En la figura 11 podemos observar la distribución del sistema hidráulico proveniente de la red de agua potable de la localidad, mientras que las aguas residuales del sistema se depositaban en un tambo de 200 L, para su tratamiento con cloro y tiosulfato de sodio, para su futura reincorporación al sistema, evitando el uso desmedido de agua.

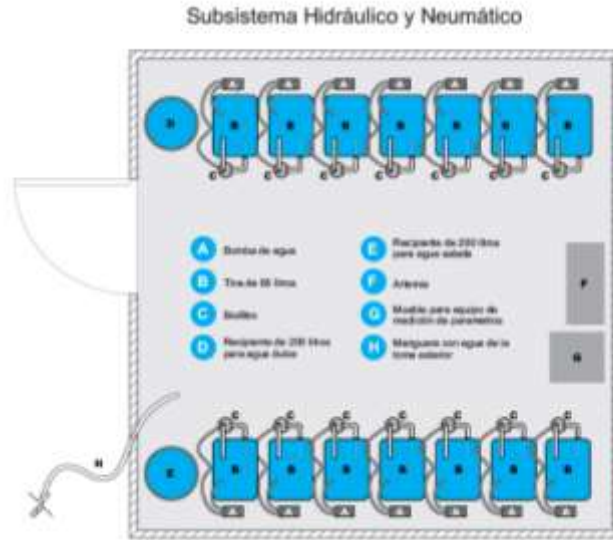


Figura 11. Subsistema hidráulico y neumático

El sistema neumático resulto ser el adecuado para la producción estimada de postlarvas, además se contaba con una bomba Boyu, como reserva del subsistema para así evitar pérdidas numerosas de organismo.

6.3.4. Subsistema biológico y subsistema neumático

En la figura 12 podemos observar un corte transversal de las maternidades, las cuales estaban compuestas por un subsistema biológico conformado por un filtro físico de conchas de ostión, el cual proporcionó un sustrato para la fijación de bacterias responsables en la eliminación de compuestos nitrogenados.

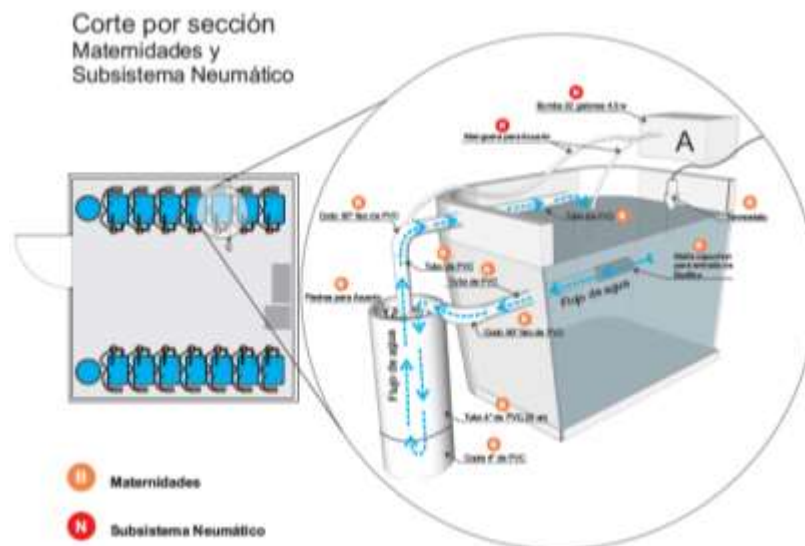


Figura 12. Subsistema biológico y neumático. Maternidades

La bomba de 4.5 watts marcada por la letra A (figura 12), tuvo dos funciones, suministrar el aire los organismos dentro de la maternidad y como parte del sistema airlift para la recirculación del agua.

6.4. Proceso de producción de postlarva

6.4.1 Preparación del modulo

- Limpieza y desinfección

La estructura construida con bambú de la región y madera fue sometida a un tratamiento con líquido antipolillas, para evitar el desgaste de la estructura en el lapso de tiempo.

Las maternidades (tinajas de 60 l), así como el equipo de laboratorio, equipo de pesca como redes cuchara y redes de acuario fueron sometidos a una desinfección con jabón líquido de grado alimenticio de la marca Key química, a una proporción de 7 ml/ l de agua, como preventivo para la eliminación de virus, bacterias y hongos.

- Preparación del agua salobre

Para la preparación de agua salobre nos basamos con base en la tabla de diluciones (cuadro 18) propuesta por New, (2002).

La dilución manejada para la preparación de agua salobre a 12 ‰ fue por cada litro de agua preparada.

Cuadro 17. Preparación del agua salobre para los estadios larvales del langostino malayo.

Agua salobre 12 ‰	Agua dulce	Agua de mar
1 l	600 ml	400 ml

6.4.2. Profilaxis de los organismos

- Tratamientos preventivos y de contingencia

El tratamiento utilizado para la profilaxis de los organismos fue el recomendado por Chowdhury (1993). El tratamiento consistió en un baño prolongado con 25 ppm de formol por cada litro de agua durante una hora. Este tratamiento se repitió en cada manejo que se hizo durante el ciclo de producción.

6.5. Manejo de reproductores

- Selección fenotípica y peso

La selección de reproductores se basó en dos condiciones adecuadas para la óptima producción de postlarvas.

La selección fenotípica. - los organismos no deben de presentar malformaciones o daño alguno en el cuerpo, coloración característica de la especie representada por un azul marino brillante (figura 13).



Figura 13. Macho de *M. rosenbergii*

Selección por peso. - Se seleccionaron machos con un peso promedio de 40 g y hembras de 30 g. Debido a que la producción de larvas está basada principalmente en el peso de la hembra. Esto va acorde a lo que menciona Wilder (2004). Donde la mejor calidad de huevos proviene de hembras cuyo peso oscila entre los 20 y 40g (Figura 14), proporcionando altas tasas de sobrevivencia después de la eclosión.



Figura 14. Hembra de *M. rosenbergii*.

6.5.1. Alimentación

Los reproductores que se mantienen dentro de un sistema cerrado como el aquí propuesto necesitan una alimentación adecuada para promover la producción de huevos. Para ello, basándonos en las dietas propuesta por Cavalli et al (2001). Se alimentaron a los reproductores con alimento peletizado con 25% de proteína de la marca Silver Cup a un 3% de la biomasa total. Suministrando el mismo porcentaje de alimento fresco que consistió de tilapia y lisa en trozos una vez a la semana. Se utilizó una marca de alimento peletizado para camarón debido a que en el mercado no existe un alimento específico para la especie.

6.5.2. Distribución espacial

La densidad de siembra de reproductores fue de 1:3 como lo recomiendan Sureshkumar y Kurup (1998). Un macho por cada 3 hembras lo que permitió un porcentaje adecuado de ovoposiciones dentro del estanque de reproductores.

También se les proporciono de áreas de apareamiento que consistió en líneas de 10 arpillas a lo largo del estanque, como podemos verlo en la figura 15.



Figura 15. Áreas de apareamiento.

Debido a que los langostinos pasan por una muda de apareamiento, estos pierden el exoesqueleto y se encuentran indefensos ante los ataques de otros langostinos. Para ello se proporcionaron refugios construidos a base de tubos de pvc de 3" por 15 cm de largo.

6.6.1. Cortejo o fase de apareamiento

Durante esta fase la hembra con la gónada madura presente en el cefalotórax, se dirigió a la zona de apareamiento en busca del macho dominante. La hembra sufrió de la muda de apareamiento y al encontrarse indefensa, se refugió debajo del abdomen del macho. Lapso después el macho "acostó" a la hembra y procedió a depositar en la zona abdominal el espermatóforo. Pasado un lapso de 24 horas la hembra abandona al macho en busca de refugio y procede a trasladar los huevos desde el cefalotórax a la

zona abdominal pasando por el espermatóforo para que estos fueran fertilizados como lo muestra la figura 16.



Figura 16. Macho depositando espermatóforo a hembra madura.

6.5.3. Biometrías

Las biometrías nos permitieron conocer si existía una productividad en biomasa con respecto a la dieta suministrada, esto nos permitió saber si se le estaban dando las condiciones adecuadas para la reproducción de los organismos.

En la siguiente gráfica (figura 17) se observa una tendencia en la ganancia de peso en machos de *M. rosenbergii*, durante el desarrollo del ciclo de producción, lo que nos demuestra la efectividad de la dieta suministrada, para la engorda adecuada de los organismos. Los machos obtuvieron un peso promedio de 44 g y una talla de 21 cm durante el proceso experimental. Las hembras obtuvieron un peso promedio de 28.3 g y una talla de 16.6 cm (figura 18).

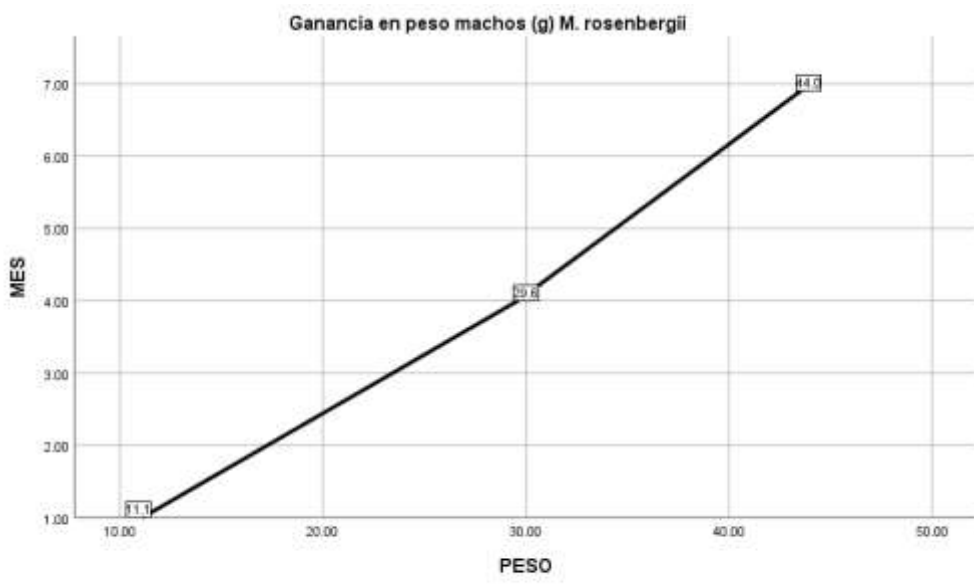


Figura 17. Crecimiento en peso de los machos de *M. rosenbergii*

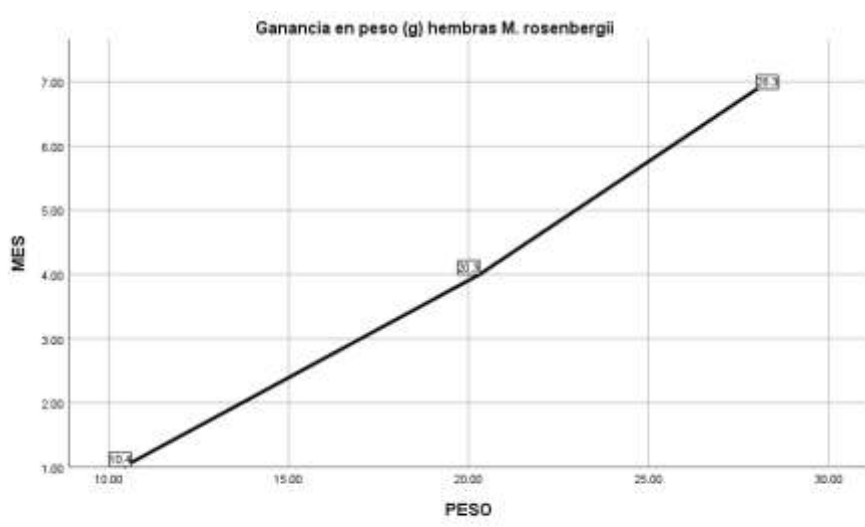


Figura 18. Crecimiento en peso de las hembras de *M. rosenbergii*.

6.6. Manejo de hembras ovígeras

6.6.2. Proceso de maduración gonádica

La maduración gonádica se da al inicio de la temporada de calor, durante la investigación las hembras empezaron a desarrollar la gónada a partir de marzo, cuando

la temperatura promedio en la región fue de 28°C. La gónada conforme se desarrolla, invade mayor área del cefalotórax y toma una coloración naranja intensa. Rao y Tripathy (1993) mencionan que las etapas de maduración gonádica se clasifican generalmente en función del color y tamaño del ovario en relación con la cavidad del cefalotórax (Figura 19).



Figura 19. Hembra de *M. rosenbergii* presentando gónada madura en cefalotórax.



6.6.3. Selección de hembras ovadas

La selección de hembras ovadas, se dio por la masa ovígeras presente en la zona abdominal (Figura 20). Para determinar la calidad de la gónada y su viabilidad, se basaron en la coloración naranja brillante, la cantidad de gónada presente en la zona abdominal

Figura 20. *Hembra de M. rosenbergii presentando gónada naranja brillante*

(que cubriera más del 85% de la zona) y se observó a simple vista y con ayuda del microscopio la presencia del punto ocular característico de esta especie en la fase de huevo.

6.7. Desarrollo embrionario

Las hembras ovadas fueron puestas en las maternidades para iniciar el proceso de producción de postlarvas. El desarrollo embrionario que involucra cambios en la coloración y maduración gonádica fue de 12 días a una temperatura de 30°C hasta la fase de eclosión. Se pudieron observar las principales divisiones celulares ocurridas en el huevo. En comparación con lo que menciona Ling (1978), el desarrollo embrionario ocurre en un lapso de 19 a 21 días a una temperatura entre los 26 y 28°C, lo que nos da a entender que el desarrollo embrionario es más rápido a temperaturas por arriba de los 28°C.

En la figura 21 podemos observar la primera fase del desarrollo embrionario, para luego dar paso a la primera segmentación celular. Cuando la división celular está completa se pueden observar cuatro surcos como los que se muestran en la figura 22.



Figura 21. Huevo de *M. rosenbergii* en la primera fase de desarrollo embrionario



Figura 22. Huevo de *M. rosenbergii* en la primera división celular.

Cuando el embrión tiene 12 días de edad (figura 23), se encuentra paralelo al eje del huevo. Los apéndices se alargan constantemente y los órganos están completamente formados, aunque se puede observar parte del vitelo de lo cual la larva se alimenta. La larva sigue creciendo de manera constante hasta la eclosión en el día 21. También se observaron parásitos externos *Epistylis. Sp*, (figura 24), el cual ocasiona graves daños al corion del huevo y puede llevar a la muerte de los organismos. Fueron removidos de los huevos con tratamiento de formol y acriflavina.



Figura 23. Embrión con aproximadamente 12 días de desarrollo.

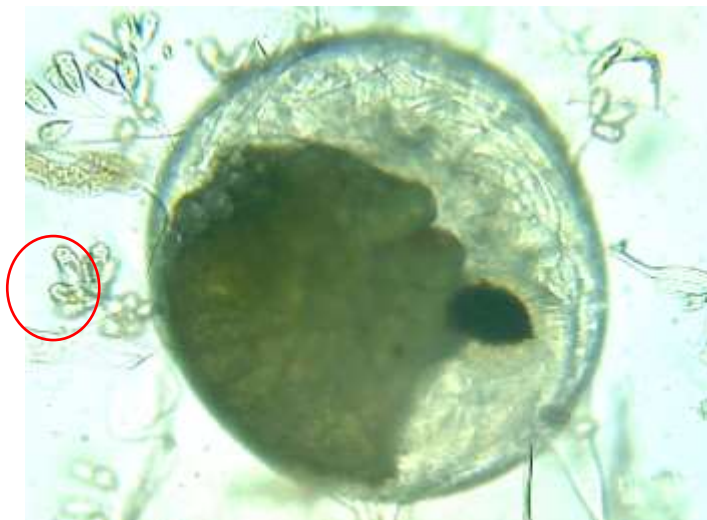


Figura 24. Huevo de *M. rosenbergii* con presencia de *Epistylis*. sp (parasito externo, círculo rojo)

6.8. Fase larval

Todas las etapas larvales observadas presentaron nado activo y se concentraban en la parte superficial de la tina, principalmente en las orillas. Presentaban apetito voraz y gran afinidad por el alimento vivo que consistió en nauplios de *Artemia*. Se manejó una densidad de entre 90 y 100 larvas por litro de agua a una salinidad de 12 ‰, como lo mencionan Nandlal and Pickering (2005), los estadios larvales son rápidos y sucesivos con cambios rápidos en la morfología, fisiología y requerimientos nutricionales. Para compensar los requerimientos nutricionales se les otorgo alimento semihúmedo a base de huevo y filete de pescado enriquecido con vitaminas y minerales.

- **Etapas observadas a microscopio óptico digital**

Se observó al microscopio denotando las siguientes características morfológicas la larva Cuerpo: transparente, pedúnculo antenular ligeramente azulado, ojos de color marrón claro en su parte exterior. Una de las características más importantes en la fase 1 del desarrollo larval es que los ojos no se encuentran pedunculados. Figura 25.



Figura 25. Fase 1 de desarrollo larval con 24 horas de vida desde la eclosión.

La segunda fase larval (figura 26), se pudo observar a las 48 horas desde la eclosión. En esta fase la larva presenta ojos grandes y pedunculados.



Figura 26. Fase 2 de desarrollo larval.



Figura 27. Fase 3 del desarrollo larval.

La tercera fase larval (figura 27) se presentó a las 72 horas desde la eclosión y se observa una articulación en el sexto segmento abdominal y el telson.

6.9. Postlarva

La fase de postlarva se pudo observar hasta el día 22 desde la eclosión, a una temperatura promedio de 30°C y salinidad de 12 ‰. Mientras que según Soundarapandian *et al* (2009) toma 27–33 y 29–66 días a un nivel de salinidad de 10–15 ‰, respectivamente, en algunos de los países asiáticos como Taiwán, Malasia y Bangladés. Presentaron nado rápido y apetito voraz. Se les dio de comer nauplios de *Artemia* recién eclosionados. Una característica que se observó de que se estaban alimentando de manera correcta fue la coloración naranja que tomó, esto por la ingesta de *Artemia*. Figura 28



Figura 28. Postlarva de langostino malayo.

6.9.1 Evaluación de los diferentes sustratos

Como resultado del análisis de los sustratos, se obtuvieron los resultados que se observan en la figura 29.

Los compuestos nitrogenados más importantes fueron amonio, nitritos y nitratos

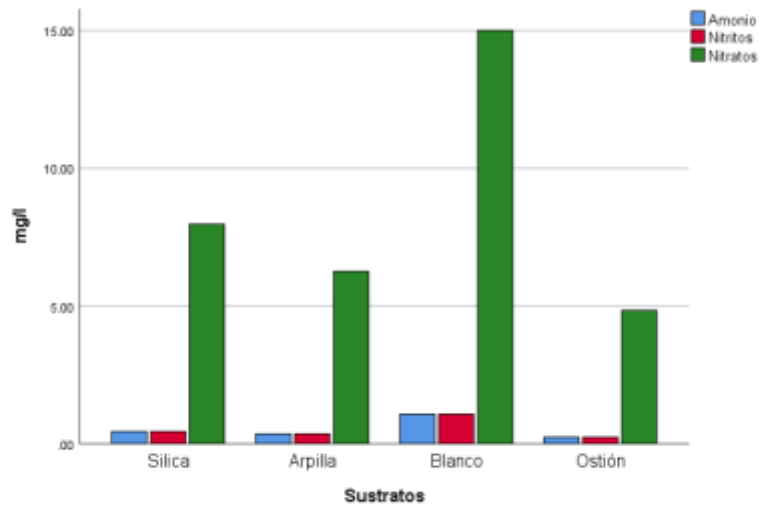


Figura 29. Niveles de compuestos nitrogenados en el sistema de producción en los diferentes sustratos.

Durante el desarrollo experimental, el promedio de la temperatura fue de 26.9, el pH de 8.4, el oxígeno de 6.1, la dureza de 35.8 mg/l y el calcio de 245 mg/l. el sustrato que presento una mayor presencia de nitratos fue el blanco (fibra verde), lo que nos indica que las bacterias que procesan este compuesto todavía no se habían instalado en el filtro.

Las concentraciones de compuestos nitrogenados fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) a su respectivo control. Se presentó una correlación positiva ($R=1.0$, $P < 0.05$) entre las concentraciones de nitratos, nitritos y amonio.

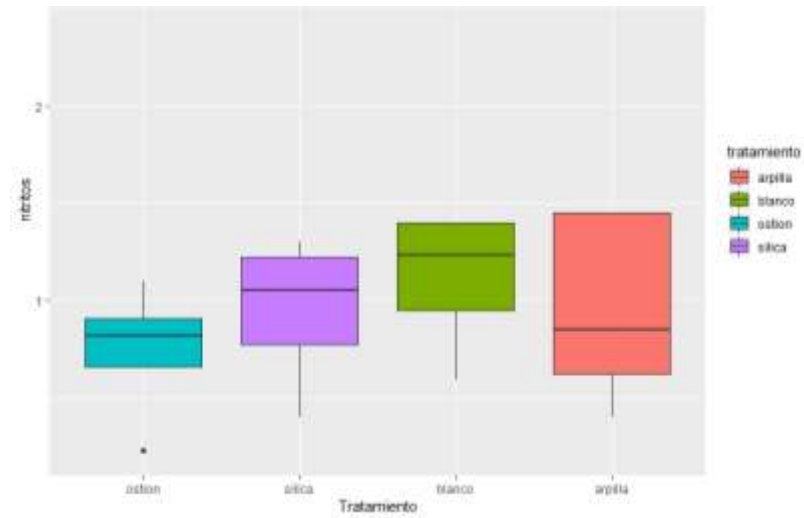


Figura 30. Concentración de nitritos en el sistema de producción de postlarvas de *M. rosenbergii*.

La menor concentración de nitritos se presentó en el sustrato ostión (figura 30) con promedio de 0.2 ± 0.8 mg/l, mientras que la concentración más elevada fue de 2.83 mg/l y se registró en el control blanco (Figura 30).

La menor concentración de amonio (figura 31) se presentó en el sustrato ostión con una diferencia significativa con el sustrato blanco con promedio de 0.01 ± 0.05 mg/l, mientras que la concentración más elevada fue de 0.2 mg/l. en el sustrato arpilla.

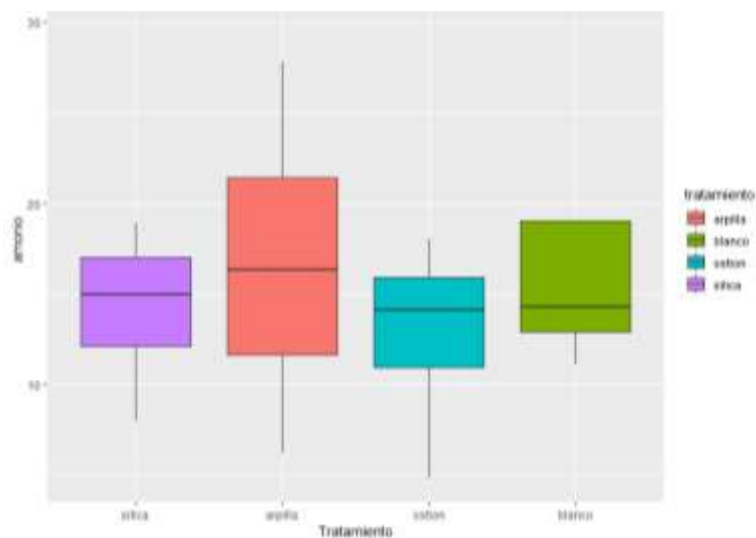


Figura 31. Concentración de amonio (mg/l) en el agua del sistema de producción de postlarvas de *M. rosenbergii*.

Las concentraciones menores de nitratos se registraron en el sustrato ostión (4.8 ± 31.1 mg/l) con diferencias significativas ($P < 0.05$) con el resto de tratamientos (Figura 32).

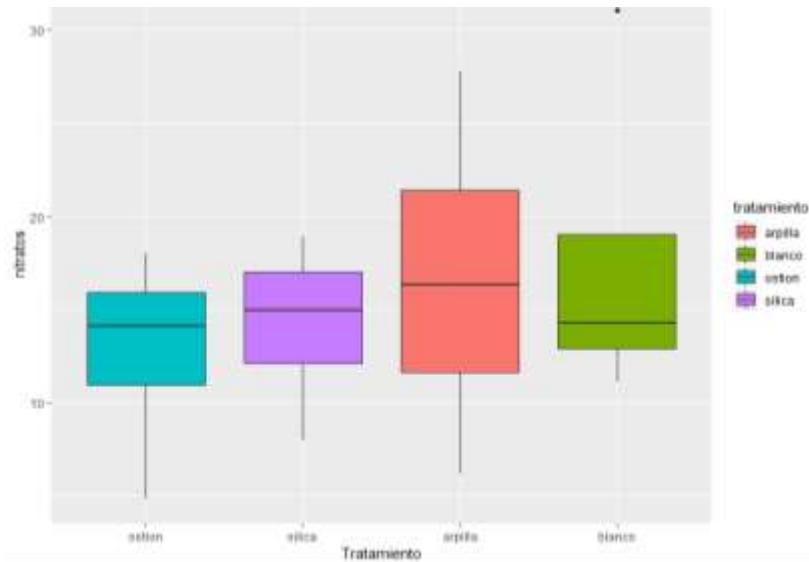


Figura 32. Concentración de nitratos (mg/l) en el agua del sistema de producción de postlarvas de *M. rosenbergii*.

Los compuestos nitrogenados como el amonio, nitritos y nitratos tienen un efecto sobre el metabolismo de *M. rosenbergii* (Boyd y Zimmermand, 2000). Con respecto a los resultados obtenidos, las menores concentraciones de compuestos nitrogenados se observaron en el sustrato ostión, además de que tiene la capacidad de aportar calcio al agua, el cual puede ser aprovechado por los organismos en la formación del exoesqueleto. En cuanto a las concentraciones de nitritos, Boyd y Zimmerman (2000) recomiendan que deben mantenerse entre 0.1 a 1.7 mg/l en los cultivos del langostino *M. rosenbergii*.

VII. CONCLUSIONES

La investigación presenta aspectos biológicos, económicos, de ingeniería y de manejo de la especie, para promover el cultivo redituable de la especie.

El funcionamiento del modelo es útil para dar escala productiva y calcular la rentabilidad.

Las condiciones de la región de Llanuras de Sotavento, Veracruz, México, son adecuadas para la producción de postlarvas de *M. rosenbergii*.

El sistema diseñado e instalado resultó eficiente para producción de postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii*.

Su bajo costo de construcción y operación, así como ciclos de producción en un corto plazo, podría ayudar a satisfacer la demanda a nivel local y nacional.

VIII. LITERATURA CITADA

Adisukresno, S., Escritor, G.L and Mintardjo, K. 1982. Mass production of *Macrobrachium* postlarvae in the Brackish water Aquaculture Development Center (BADC), Jepara, Indonesia. In Giant Prawn Farming, Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. **10**, (Ed. by M.B. New), pp. 143–56. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam.

Ang, K.J. and S.H., Cheah. 1987. Juvenile production of the malaysian giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) using modified static “green water” system. In Development and Management of Tropical Living Aquatic Resources. pp. 141-144. University Pertanian Malaysia

Arnold, M., and Osorio, F. 1998. Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de Sistemas. Cinta de Moebio. Abril. Facultad de ciencias sociales- universidad de chile. 12 p.

Arras Vota, A. 2010. Comunicación organizacional (Tercera ed.). Chihuahua, Chihuahua, México: UACH.

Arredondo, F.J.L, Campos, R., Villareal, E., Rodríguez, A., Sánchez, P., Ingle, G. e Ibáñez, A.L.1996. Descripción, operación y resultados de un sistema de recirculación cerrado para acuicultura. **18**: 33-38. México.

Asbjornslett, B. and M. Rausand. 2003. Assess the vulnerability of your production system. Prod. Plan. Control. Vol. **10**: 219-229.

Bart, A.N. and Yen, P.T. 2003. Comparison of larval performance between Thai and Vietnamese freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man): a preliminary study. Aquaculture Research. **34** p.

Bart, A.N. and Yen, P.T. 2007 Comparison of larval performance between Thai and Vietnamese freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man): a preliminary study. In Freshwater Prawns-Advances in Biology, Aquaculture and Marketing. **34**:322–328.

Becker, K., Kauppila, D., Rogers, G., Parsons, R., Nordquist, D. and Craven, R. 2014. Farm Finance Scorecard [online]. Minneapolis, Center for Farm Financial Management, University of Minnesota. [Cited 8 January 2019] www.cffm.umn.edu/Publications/pubs/FarmMgtTopics/FarmFinanceScorecard.pdf.

Bowles, D.E., K. Aziz and C. Knight. 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. **20**: 158-171.

Bregnballe, J. 2015. A guide to recirculation aquaculture, an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Publication of Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organization. 100 p.

Boyd, C. E. and S. Zimmerman. 2000. Grow-out systems-water quality and soil management. In M. B. New y W. C. Valenti. Fresh water farming. The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science. Oxford, England. 221-238 pp.

Brundtland, G. H. 1987. What is sustainable development. Our common future, World Commission on Environment and Development (WCED). FAO. 247 p.

Bunge, M. 1985. La investigación científica. Editorial Ariel, S.A. Barcelona. 955 p.

Cano, R. S. and Ortiz, I. A. S. 2007. Infraestructura hidráulica para acuicultura, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa Ingeniería en Producción Acuícola.333 p.

Carvajal Villaplana, Á. 2015. Teorías y modelos: formas de representación de la realidad. pp 1-14

Cavalli, R.O., Lavens, P. and Sorgeloos, P. 2001. Reproductive performance of *Macrobrachium rosenbergii* females in captivity. *Journal of the World Aquaculture Society* **32**: 60–67.

Chaur Bernal, J. 2005. Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: Un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa. Universitat Politècnica de Catalunya. 357 pp.

Chavez Justo, C., Aida, K. and Hanyu, I. (1991) Effects of photoperiod and temperature on molting, reproduction and growth of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Nippon Suisan Gakkaishi* **57**: 209–17.

Coche, A. G., y Muir, J. F. 1993. Construcción de estanques para la piscicultura en agua dulce: estructuras y trazados para explotaciones piscícolas. *Food y Agriculture Org.* **20**: 227.

Dendrinis, P. and Thorpe, J.P. 1987. Experiments on the artificial regulation of the amino acid and fatty acid contents of food organisms to meet the assessed nutritional requirements of larval, post-larval and juvenile Dover sole (*Solea solea* (L.)). *Aquaculture*, **61**: 121–54.

Dent J.B., and Blackie M. 1979. *Systems simulation in Agriculture*. L.T.D. London. Applied Science Publisher, 180 pp.

Diseño, Diccionario Enciclopédico UTHA. 2005. Tomo IV, México. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. Vox, 2005, Larousse Editorial SL.

Engle, C.R. y Neira, I. 2005. *Tilapia Farm Business Management and Economics: A Training Manual*. Aquaculture CRSP. Corvallis, Oregon State University.

Engle, C.R. 2010. *Aquaculture economics and financing, management and analysis*. Oxford, UK, Wiley-Blackwell.

FAO. 2005. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2005: Comercio agrícola y pobreza: ¿puede el comercio obrar en favor de los pobres? Colección FAO: Agricultura, Roma. pp **36**.

Fujimura, T. and Okamoto, H. 1972. Notes on progress made in developing a mass culturing technique for *Macrobrachium rosenbergii* in Hawaii. In Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region, Ed: T.V.R. Pillay, 313–27 pp.

Gay, A., y Samar, L. 2004. El diseño industrial en la historia. Centro de cultura tecnológica. 231 pp.

Garcia-Ortega, A., Verreth, J.A.J., Coutteau, P., Segner, H., Huisman, E.A. and Sorgeloos, P. 1998. Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cysts and nauplii of the brine shrimp *Artemia* at different developmental stages. *Aquaculture* **161**: 501–514.

Gilbert, S. 1991. Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, **28**: 73-79.

Graf, E. 2004. El abordaje de la realidad a través del enfoque de sistemas. Disponibilidad: www.fagro.edu.uy/~ambiental/ecologia/docs/11%20Graf,202004. [Consultado Octubre 2018]

Grant, W. E., Marín, S. L., y Pedersen, E. K. 2001. Ecología y manejo de recursos naturales: Análisis de sistemas y simulación. Agroamérica. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). Costa Rica. 340 p.

Hernández Barraza, C. A., Aguirre Guzmán, G., y López Cantú, D. G. 2009. Sistemas de producción de acuicultura con recirculación de agua para la región norte, noreste y noroeste de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 117 p.

Hishamunda, N. and Manning, P. 2002. Promotion of sustainable commercial aquaculture in sub-Saharan Africa. Investment and economic feasibility. FAO Fisheries Technical Paper. Rome.FAO Vol. **2** No. 408/2. 54p.

Ismael, D. and New, M.B. 2000. Biology. In M.B. New and W.C. Valenti, eds. Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*, Blackwell Science. Oxford, England. 9: 18-40.

Instituto Nacional de la Pesca. 2019. Acuicultura-langostino malayo. Disponible: <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-langostino-malayo>

Jiménez, J. 2012. Sistemas de Recirculación en Acuicultura: Una Visión y Retos Diversos para Latinoamérica. Revista Industria Acuícola. **8**: 6-10.

Jobling, M. 2012. MB New, WC Valenti, J. Tidwell, LR D'Abramo and MN Kutty. Freshwater prawns: biology and farming. Aquaculture International, 20: 397-398.

Joseph, P. 1991. La gestión de la productividad manual práctico. Editorial Noriega-Limusa. 333 p.

Kent, G. 1995. Aquaculture and food security. Proceedings of the PACON Conference on Sustainable Aquaculture June, Honolulu: Pacific Congress on Marine Science and Technology, Honolulu, Hawaii, USA. **95**: 11-14.

Lanza Espino, G. D. L., y Andrade, L. 1991. La acuicultura en palabras. Garcia Calderon. 160 p.

Leontief, W. 1986. Input-output economics. Oxford University Press. 429 pp.

Leung, P., Hochman, E., Rowland, L. W. and Wyban, J. A. 1990. Modeling shrimp production and harvesting schedules. Agricultural Systems, **32**: 233-249.

Libey, G. S. 1993. Evaluation of a drum filter for removal of solids from a recirculating aquaculture system. Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of an Aquacultural Engineering Conference. Spokane, Washington. pp. 519-532.

Lim, L.C., Soh, A., Dhert, P. y Sorgeloos, P. 2001. Production and application of on-grown *Artemia* in freshwater ornamental fishfarm. *Aquaculture Economics and Management*, **5**: 211–28.

Ling, S. W. 1978. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *FAO/UNDP/TA Regional Fish Culturist for Asia and the Far East* **7**: 4-5.

Ling, S.W. 1969a. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *FAO Fisheries Report Vol.* **57**: 589–606.

Ling, S.W. 1969b. Methods of rearing and culturing *Macrobrachium rosenbergii*. *FAO Fisheries Reports Vol.* **57**: 607-619.

Lizcano, J., y Castello, E. 2004. Rentabilidad empresarial, propuesta práctica de análisis y evaluación. Casa Editorial de la Cámara de Comercio de Madrid, España. 111 p.

Mallasen, M. and Valenti, W.C. (1998) Comparison of artificial and natural, new and reused, brackish water for the larviculture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in a recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society*. **29**: 345–350.

Manning, P. and Hishamunda, N. 2001. Promotion of sustainable commercial aquaculture in Sub-saharan Africa.: Investment and economic feasibility. *FAO Fisheries Technical Paper*. Rome. 2: 61.

Marcy, N.W., 2005. Freshwater prawn seed production, culture expand in Vietnam. *College of Aquaculture and Fisheries, Cantho University*. Cantho. 66 p.

McNeill, D. and P. Freiburger. 1993. *Fuzzy logic*. Simon & Schuster, New York, 319 pp.

Mejía-Ortíz, L., F. Alvarez, R. Román and J. Viccon-Pale. 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan River, Veracruz, Mexico. **74**: 69-77.

Mercado, P. 1959. Proyecto para una estación rústica dedicada al cultivo de los langostinos. Piscicultura rural. Secretaría de industria y comercio. México. pp 5-6.

Meyer, D. (2004). Introducción a la acuicultura. Zamorano Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 144 p.

Ministry of Fisheries. Aquaculture development program for the period from 1999-2010. Vietnam. 33 pp.

Murphy, N. and C. Austin. 2005. Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): biogeography, taxonomy, and the convergent evolution of abbreviated larval development. **34**: 187-197.

Nandlal, S., and T., Pickering. 2005. Freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming in pacific Island countries. Hatchery operation. Secretariat of the Pacific Community, Suva, Fiji Islands, Noumea, New Caledonia . **1**: 12–18, .

New, M. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. Aquac. Res. **36**: 210-230.

New, M. 2009. History and global status of freshwater prawn farming. In: M.B. New, W.C.Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D'Abramo and M.N. Kutty Freshwater prawns: biology and farming. Wiley-Blackwell. New York. pp. 1-11.

New, M. B. 2002. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), FAO. 212 p.

Pasamontes, J. C. (2001). Estrategias de incorporación de conocimiento sintáctico y semántico en sistemas de comprensión de habla continua en español. Estudios de Lingüística del Español. **12**: 8

Pinheiro, M.A.A. and Hebling, N.J. 1998. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). In W.C. Valenti. (ed). Carcinicultura de água doce. Tecnologia para produção de marões, Brasília, IBAMA. pp. 21-46.

Pitipornchai, S. (1998) Experiment on rearing giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), larvae with different feeds. Technical Paper No. 11. Inland Fisheries Division. Department of Fisheries, Bangkok.

Rao, R.M. (1965) Breeding behavior in *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). Fisheries Technology. India. **2**:19–25.

Romá Ferri, M.T.(1996) Crecimiento y Desarrollo. Romá Ferri, M.T. Introducción a los Cuidados de Enfermería Infantil: Necesidades Básicas. Romá Ferri, M.T. Alicante: Club Universitario (ISBN 8489522537).

Sandifer, P.A. and Smith, T.I.J. (1977) Preliminary observations on a short claw growth form of the Malaysian prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). Proceedings of the National Shellfish Association. **67**: 123–124.

Soundarapandian, P., Prakash, K.S., and Dinakaran, G.K., 2009. Simple technology for the hatchery seed production of Giant Palaemonid Prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). J. Animal Vet. Adv. **1**: 49–53.

Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R., Coyle, S.D. and Yasharian, D. (2005) Overview of recent research and development in temperate culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in the South Central United States. Aquaculture Research **36**: 264–77.

Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T. and Vinci B.J., 2002. Recirculating aquaculture systems. Northeastern Regional Aquaculture Center. E.U.A. 769 p.

Timmons, M. B., Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. 1998. Review of circular tank technology and management. Aquacultural engineering, **18**: 51-69.

Trotta, P., Villani, P., Palmegiano, G.B., Forneris, G. and Sarra, C. (1987) Laboratory-grown *Artemia* as reference food for weaning fish fry and shrimp postlarvae. In *Artemia Research and its Applications*, Universa Press. Wetteren. **3**: 459–63.

Tsutsui, N., I. Kawazoe, T. Ohira, S. Jasmani, W-J. Yang, M.N. Wilder, and Aida, K (2000). Molecular characterization of a DNA encoding vitellogenin and its expression in the hepatopancreas and ovary during vitellogenesis in the kuruma prawn, *Penaeus japonicus*. *Zoological Science*. **17**: 651-660.

Tunsutapanich, A., Pungsri, C., Srisakultiew, P. and Kamonrat, W. (1984) How to increase the production of *Macrobrachium rosenbergii* juveniles in mixed salt water. Chacheongsao Fisheries Station, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. 551 p.

Van Stappen, G. 1996. Introduction, biology and ecology of *Artemia*. In P. Lavens and P. Sorgeloos, eds. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*, FAO Fisheries Technical Paper No. 361. Rome. pp. 79-136.

Varghese, A.G., Muthuraman, A.L. and Gopakumar, G. (1992) Sex ratios in broodstock rearing of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man): a critical factor for oviposition and larval production. In *Freshwater Prawns. Proceedings of the National Symposium on Freshwater Prawns (Macrobrachium spp.)*, Kerala Agricultural University, Thrissur. pp. 145–7.

Wilder, M. N., Ogata, H. Y., Phuong, N. T., Tuan, N. A., Hien, T. T. T., and Hai, T. N. (2004). Development of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) seed production and culture technology in the Mekong Delta Region of Vietnam: A review of the JIRCAS Project at Cantho University. In: *Promotion of mangrove-friendly shrimp aquaculture in Southeast Asia*. Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. pp.111-118

X. ANEXOS

ANEXO I

Análisis económico

Conceptos	Período de análisis del proyecto					
	Inversión			Operación		
	1 0	2 1	3 2	4 3	5 4	6 5
Costos del proyecto	166,570.20	231,390.00	231,390.00	219,000.00	219,000.00	219,000.00
Inversión	166,570.20					
Costos de operación		231,390.00	231,390.00	219,000.00	219,000.00	219,000.00
Beneficios del proyecto	-	388,080.00	388,080.00	388,080.00	388,080.00	388,080.00
Ingresos totales		388,080.00	388,080.00	388,080.00	388,080.00	388,080.00
Utilidad	-					
	166,570.20	156,690.00	156,690.00	169,080.00	169,080.00	169,080.00
Amortización de la inversión	166,570.20	323,260.20	479,950.20	649,030.20	818,110.20	987,190.20
Conceptos				Valor año 0	Valor año 1	
Suma del valor actual beneficios. (svab)				\$1,471,128.53	\$1,337,389.57	
Suma del valor actual costos (svac)				\$1,018,255.81	\$925,687.10	
Valor actual neto (svab -svac)				\$452,872.72	\$411,702.47	
Relación beneficio costo (svab/svac)				1.44	1.44	
Tasa interna de retorno ($\sum ffa = 0$)				92.21%	92.21%	
Valor actual neto ($\sum ffa$)				\$452,872.72	\$411,702.47	

ANEXO II

Materiales para la instalación de los subsistemas

Subsistemas	Concepto	Equipo	Cantidad	Precio unitario
Maternidad	Tinas	Pieza	16	\$ 154.00
Eléctrico	Cable	Mts	100	\$ 13.30
	Centro de carga	Pieza	1	\$ 450.00
	Contactos	Pieza	10	\$ 40.00
	Lámparas led	Pieza	2	\$ 100.00
	Focos led	Pieza	16	\$ 80.00
	Centro de control	Pieza	1	\$ 1,000.00
	Generar de corriente	Pieza	1	\$ 35,000.00
	Termostatos	Pieza	14	\$ 150.00
Neumático	Bombas 4.5 watts	Pieza	10	\$ 400.00
	Manguera para acuario	Mts por tina	24	\$ 5.00
	T de plástico con regulador	Pieza	16	\$ 2.00
	Blower 1/2 hp	Pieza	1	\$ 10,000.00
	Piedra difusora	Pieza	16	\$ 15.00
Filtro biológico	Garrafa	Pieza	16	\$ 10.00
	Concha de ostión	Costal	2	\$ 250.00
	Codos pvc 1/2	Pieza	16	\$ 3.30
	Codos pvc 2	Pieza	16	\$ 21.90
	Tubería de pvc 1/2"	Tramo	2	\$ 54.00
	Tubería de pvc 2	Tramo	2	\$ 102.00
	Coplee sanitario 2	Pieza	16	\$ 14.50
	Malla para filtración	Mts	10	\$ 30.00





ANEXO III

Materiales para la construcción de los subsistemas

Hidráulico	Tambos 200 lts	Pieza	4	\$ 450.00
	Bomba sumergible Evans 45watts	Pieza	1	\$ 800.00
	Manguera	Mts	25	\$ 8.00
	Rotoplas 1100 lts	Pieza	1	\$ 2,225.00
Infraestructura	Lamina Ondura	Infraestructura	8	\$ 475.00
	Tabique	Pieza	510	\$ 3.00
	Bambú	Pieza 2.0 m	20	\$ 150.00
	Malla para paredes	m	50	\$ 35.00
Artemia salina	Incubadoras	Pieza	4	\$ 10.00
	Manguera	m	6	\$ 5.00
	Piedra difusora	Pieza	4	\$ 15.00
	T de plástico con llave	Pieza	6	\$ 35.00
	Lámpara luz fría	Pieza	1	\$ 80.00
	Sal de mar	Kilos	20	\$ 3.00
	Cloralex	L	2	\$ 15.00
	Matraz Erlenmeyer	Pieza 500 ml	1	\$ 150.00
	1 pipeta de 5 ml	Pieza	1	\$ 67.00
	1 pipeta de 1 ml	Pieza	1	\$ 45.00
	Bomba de aire	Pieza	3	\$ 400.00

ANEXO IV





Principales características del desarrollo larval de *M. rosenbergii*

Etapas	Imagen	Características						
		ojos	Rostrum	Flagelo antenal	Uropodo	Telson	Pleópodos	Pereiópodos
I		Sésil						
II		Pedunculares						
III			1 espina dorsal		Primera aparición			
IV			2 espina dorsal		con setas			
V				2 o 3 segmentos		Más alargado y más estrecho		
VI				4 segmentos		Más estrecho	Primera aparición	
VII				5 segmentos			Biramos y desnudos	

Ismael y New, 2000

ANEXO V

Etapas del desarrollo larval desde la etapa 8 hasta postlarva

VIII			Cerca de 7 segmentos				Biramos con setas	
IX				Cerca de 9 segmentos			Endopodos con apéndices internos	
X			3 o 4 espinas dorsales	Cerca de 12 segmentos				1 y 2 quela completa
XI			Muchas espinas dorsales	Cerca de 15 segmentos				
PL				Espinas dorsales y ventrales, con comportamient o bentónico como los adultos				

Ismael y New, 2000