



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

Desarrollo de nueva metodología para la producción masiva de  
pos-larvas del camarón tropical exótico  
*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879)

## **TESIS**

Para optar el título profesional de Licenciado en Biología

### **AUTOR**

Gastelu Guzman, Jose Carlos  
0000-0003-0168-3088

### **ASESORA**

Ayon Dejo, Patricia Mercedes  
0000-0002-5997-741X

Lima, Perú  
2023

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de autor:**

Gastelu Guzman, Jose Carlos

Tipo de documento de identidad: DNI

Número de documento de identidad: 06636199

### **Datos de asesora**

Ayon Dejo, Patricia Mercedes

Tipo de documento de identidad: DNI

Número de documento de identidad: 06975106

### **Datos del jurado**

JURADO 1: Iannacone Oliver, José Alberto

Número de documento de identidad: 09413998

Código ORCID: 0000-0003-3699-4732

JURADO 3: Dávila Robles, Miguel Germán

Número de documento de identidad: 07261702

Código ORCID: 0000-0002-7429-4836

JURADO 3: Rosado Salazar, Armando Andrés

Número de documento de identidad: 46765199

Código ORCID: 0000-0002-7942-1486

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 1.06.12

Código del Programa: 511206

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Jose Carlos Gastelu Guzman, con código de estudiante N° 0013499, con (DNI o Carné de Extranjería<sup>1</sup>) N° 06636199 con domicilio en No 1411 Thobias 438A distrito MINIFLORES, provincia y departamento de LIMA.

En mi condición de bachiller en BIOLOGIA de la Facultad de Ciencias Biológicas, declaro bajo juramento que:

(El/la) presente (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación)

titulado: "DESARROLLO DE NUEVA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION MASIVA DE PUS LARVAS DEL CAMARON TROPICAL EXOTICO MACROBRACHIUM ROSENBERGII (DE MAN 1879)"

es de mi única autoría, bajo el asesoramiento del docente Patricia Mercedes Ayco Dejo, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; (el/la) cual ha sido sometido (a) al antiplagio Turnitin y tiene el 09 % de similitud final.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación), el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumo responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratifico plenamente que el contenido íntegro del(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) es de mi conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumo toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en el(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) y soy consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, me someto a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 02 de 12 de 2023

  
Jose Carlos GASTELU GUZMAN  
(Nombre completo)

(DNI o Carné de Extranjería  
N°) 06636199

<sup>1</sup> Se debe colocar la opción que corresponda, realizar lo mismo en todo el texto del documento.

  
-----  
Mg. Mario Martín Pauta Gálvez  
Jefe Unidad Grados y Títulos  
FCB

# Desarrollo de nueva metodología para la producción masiva de pos-larvas del camarón tropical exótico *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	< 1%
4	<a href="https://rnia.produce.gob.pe">rnia.produce.gob.pe</a> Fuente de Internet	< 1%
5	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	< 1%
6	<a href="https://redes.ideam.gov.co">redes.ideam.gov.co</a> Fuente de Internet	< 1%
7	<a href="https://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	< 1%
8	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	< 1%

9

[urp.edu.pe](http://urp.edu.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

10

[hal.archives-ouvertes.fr](http://hal.archives-ouvertes.fr)

Fuente de Internet

< 1 %

11

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Fuente de Internet

< 1 %

12

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

< 1 %

13

[dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

< 1 %

14

Submitted to Podar International School

Trabajo del estudiante

< 1 %

15

[1library.co](http://1library.co)

Fuente de Internet

< 1 %

16

[www.fao.org](http://www.fao.org)

Fuente de Internet

< 1 %

17

[www.uanl.mx](http://www.uanl.mx)

Fuente de Internet

< 1 %

18

Submitted to Jawaharlal Nehru Technological  
University

Trabajo del estudiante

< 1 %

19

[cibnor.repositorioinstitucional.mx](http://cibnor.repositorioinstitucional.mx)

Fuente de Internet

< 1 %

20

[repositorio.umch.edu.pe](http://repositorio.umch.edu.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

21

[posgrado.bdelrio.tecnm.mx](https://posgrado.bdelrio.tecnm.mx)

Fuente de Internet

< 1 %

22

[www.itdg.org.pe](https://www.itdg.org.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

23

Manuel Alexandru Gitea, Daniela Gitea, Delia Mirela Tit, Simona Gabriela Bungau et al.

"Organically Cultivated Vine Varieties— Distinctive Qualities of the Oils Obtained from Grape Seeds", *Sustainability*, 2023

Publicación

< 1 %

24

Nancy S. Matowo, Marcel Tanner, Givemore Munhenga, Salum A. Mapua et al. "Patterns of Pesticides Usage in Agriculture in Rural Tanzania Call for Integrating Agricultural and Public Health Practices in Managing Insecticide-resistance in Malaria Vectors", *Research Square*, 2020

Publicación

< 1 %

25

[diposit.ub.edu](https://diposit.ub.edu)

Fuente de Internet

< 1 %

26

[repositorio.unu.edu.pe](https://repositorio.unu.edu.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

27

[pdfs.semanticscholar.org](https://pdfs.semanticscholar.org)

Fuente de Internet

< 1 %

**28** Eric A. Odell. "Songbird and Medium-Sized Mammal Communities Associated with Exurban Development in Pitkin County, Colorado", Conservation Biology, 8/3/2001  
Publicación < 1%

---

**29** [aprenderly.com](http://aprenderly.com)  
Fuente de Internet < 1%

---

**30** [biblioteca2.ucab.edu.ve](http://biblioteca2.ucab.edu.ve)  
Fuente de Internet < 1%

---

**31** [centrodocumentacion.invemar.org.co](http://centrodocumentacion.invemar.org.co)  
Fuente de Internet < 1%

---

**32** [decapoda.nhm.org](http://decapoda.nhm.org)  
Fuente de Internet < 1%

---

**33** [digi.usac.edu.gt](http://digi.usac.edu.gt)  
Fuente de Internet < 1%

---

**34** [plantukis.blogspot.com](http://plantukis.blogspot.com)  
Fuente de Internet < 1%

---

**35** [virtual.urbe.edu](http://virtual.urbe.edu)  
Fuente de Internet < 1%

---

**36** [www.aquaperu.net](http://www.aquaperu.net)  
Fuente de Internet < 1%

---

**37** [www.mef.gob.pe](http://www.mef.gob.pe)  
Fuente de Internet < 1%

---

**38** [www.msc.es](http://www.msc.es)  
Fuente de Internet < 1%

---

39

[www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)

Fuente de Internet

< 1 %

---

40

[lenus.me](http://lenus.me)

Fuente de Internet

< 1 %

---

41

[renatiqa.sunedu.gob.pe](http://renatiqa.sunedu.gob.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

---

42

[repositorio.geotech.cu](http://repositorio.geotech.cu)

Fuente de Internet

< 1 %

---

43

[repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec)

Fuente de Internet

< 1 %

---

44

[www.ots.duke.edu](http://www.ots.duke.edu)

Fuente de Internet

< 1 %

---

45

KEVIN OMAR S.A.C. "EIA-SD para el Desarrollo de la Acuicultura de la Mediana y Gran Empresa Mediante el Cultivo de Concha de Abanico en Sistema de Fondo a Desarrollarse en el Lote N° 83-A, con una Extensión de 50.00 ha. Ubicado en la Zona Parachique de la Bahía Sechura, Distrito y Provincia de Sechura, Piura-IGA0020937", R.D. N° 00110-2022-PRODUCE/DGAAMPA, 2022

Publicación

< 1 %

---

46

Lorenzo Díaz-Jiménez, Carlos I. Pérez-Rostro, Martha P. Hernández-Vergara, Ignacio Alejandro Perez-Legaspi. "Efecto de la dieta y el sistema de cultivo en la supervivencia y

< 1 %



desarrollo larval del camarón bandeado  
"Stenopus hispidus", Revista Mexicana de  
Biodiversidad, 2017

Publicación

---

47	<a href="http://biblioteca.usac.edu.gt">biblioteca.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	< 1 %
48	<a href="http://dirplan.mop.cl">dirplan.mop.cl</a> Fuente de Internet	< 1 %
49	<a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Fuente de Internet	< 1 %
50	<a href="http://ojs.ucp.edu.pe">ojs.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
51	<a href="http://tecnovortex.com">tecnovortex.com</a> Fuente de Internet	< 1 %
52	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	< 1 %
53	<a href="http://www.cipav.org.co">www.cipav.org.co</a> Fuente de Internet	< 1 %
54	<a href="http://www.iiap.org.pe">www.iiap.org.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
55	<a href="http://www.itq.edu.mx">www.itq.edu.mx</a> Fuente de Internet	< 1 %
56	<a href="http://www.sian.inia.gob.ve">www.sian.inia.gob.ve</a> Fuente de Internet	< 1 %

---

57

[www.spasbyleisurebay.com](http://www.spasbyleisurebay.com)

Fuente de Internet

< 1%

---

58

[www.aqualex.org](http://www.aqualex.org)

Fuente de Internet

< 1%

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## DEDICATORIA

A mí esposa Carolina Moreno de Gastelù por su gran ánimo, paciencia, cariño y amor, acompañándome en el día a día de esta actividad tan sacrificada y apasionante.

A mis padres que me dieron la vida y el libre arbitrio que me permitió viajar por el mundo científico.

A mis compañeros y colegas de profesión que me incentivaron con sus sabias conversaciones a proseguir con ánimo en la actividad acuícola.

A todos los profesionales y estudiantes que tuve el honor de prepararlos técnica y científicamente en esta labor que grandes satisfacciones nos dan, jóvenes que siempre tienen las preguntas, curiosidades y que me motivaron a esforzarme cada vez más para brindarles lo mejor de esta profesión.

## **AGRADECIMIENTO**

A la empresa Casa Banchemo Agroindustria SAC - Granja acuícola Las Palmas, representada por Don Héctor Banchemo Hanza (en memoria), empresario que me dio la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos, después de 24 años de ausencia profesional, en la tierra patria.

## INDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICATIVA DE LA INVESTIGACIÓN	5
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
MARCO TEÓRICO	6
ANTECEDENTES	9
HIPÓTESIS	15
MATERIAL Y MÉTODOS	16
A. LUGAR DE EJECUCION	16
B. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	18
C. VARIABLES	19
D. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	20
E. MUESTREO	22
F. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	23
G. ASPECTOS ÉTICOS	62
RESULTADOS	62
DISCUSIÓN	84
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PAG.
1 Fósil de palaemonidae del jurásico	9
2 Ciclo de vida del camarón tropical en la naturaleza	17
3 Localización de la Larvicultura	18
4 Vista del laboratorio	24
5 Filtración fina por cartuchos de 1 micra	24
6 Tanque de cultivo integrado al filtro biológico	26
7 Esterilización del agua por UVc	26
8 Tanque de tratamiento de agua con skimmer	27
9 Sala de cultivo larval	27
10 Tanque de eclosión y colecta de larvas	27
11 Cerámicas para fijación de bacterias nitrificantes	31
12 Sales de agua de mar sintética	31
13 Salinómetro refractómetro	32
14 Blower - compresor radial	33
15 Huevos en ultimo estadio de desarrollo embrionario	34
16 Extracción del segundo par de periópodos	34
17 Tanque de eclosión de huevos	35
18 Conteo de larvas	37
19 Colecta de larvas para siembra	37
20 Sifoneo	38
21 Siembra de larvas en tanque de cultivo	38
22 Kit de análisis de agua	39
23 <i>Artemia franciscana</i>	40
24 Nauplius de <i>A. franciscana</i> en instar	43
25 Proceso de descapsulación de <i>A. franciscana</i>	44
26 Lavado y colocación de <i>A. franciscana</i> para eclosionar	44
27 Colecta de nauplius	44
28 Lavado de nauplius	45
29 Distribución del nauplius como alimento	45
30 Tanque con mallas para fijación de pos-larvas	46

31	Pos-larvas recién metamorfoseada	50
32	Preparación del alimento inerte	50
33	Alimento micronizado	51
34	Cosecha de pos-larvas	51
35	Colector medida para conteo de pos-larvas	51
36	Conteo de pos-larvas	52
37	Lavado del tanque de cultivo	53
38	Piscinas de aclimatación	54
39	Filtros mecánicos	55
40	Filtros internos de los tanques	56
41	Observaciones al microscopio	58
42	Técnica del sifoneo	58
43	Piscinas de fortalecimiento de pos-larvas	60
44	Jaulas (hapas) para pre-cría	60
45	Estabilización del filtro biológico	65
46	Supervivencia de pos-larvas a diferentes densidades	67
47	Porcentaje de supervivencia en 3 diferentes densidades larvales	68
48	Relación de carga iónica con las diferentes densidades	69
49	Variación de los iones con la supervivencia larval	69
50	ANOVA de densidad y su efecto en el tiempo de cultivo	70
51	ANOVA de densidad y su efecto en la supervivencia	71
52	ANOVA de densidad y su efecto en la productividad	72
53	ANOVA de densidad y su efecto en el balance iónico	73
54	ANOVA de carga iónica y su efecto en la densidad de cultivo	74
55	ANOVA de densidad y su efecto en la supervivencia	74
56	Estadios larvales	77
57	Curva de relación peso vs. longitud de larvas	79

## ÍNDICE DE TABLAS

### TABLAS

		PAG.
1	Operacionalización de las variables	21
2	Densidades poblacionales experimentales	37
3	Formulación del alimento inerte para larvas	47
4	Cálculo del flujo de agua del sistema de recirculación (RAS)	63
5	Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo larval y productividad	66
6	Relación cronológica entre los diferentes estadios larvales	78
7	Relación entre el peso y la longitud de los diferentes estadios de zoea	79
8	Metodología aplicada en la descapsulación de quistes de <i>Artemia franciscana</i>	82
9	Aspectos normales y anormales en larvas de <i>M. rosenbergii</i>	97



## RESUMEN

La acuicultura viene creciendo en el mundo y en el Perú, las metas son, satisfacer la actual demanda, aumentar el consumo de alimentos hidrobiológicos y preservar los stocks naturales. En el Perú, la Región San Martín tiene las condiciones para la producción de organismos acuícolas tropicales debido a su clima, suelos adecuados y abundante agua, uno de esos organismos es el camarón exótico *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879), una especie con grande demanda comercial, introducido en 1984. Sin embargo la producción de pos-larvas (semilla) estuvo limitada por la falta de actualización tecnológica, por lo que se desarrolló una nueva metodología para la producción masiva de pos-larvas aplicando formulación de alimento, desarrollando un protocolo adecuado a las condiciones regionales para la descapsulación de *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) como principal alimento, evaluando el uso de agua de mar sintética adecuada al desarrollo larval, e implementando un sistema de recirculación biológica para el control de calidad de agua. La granja acuícola Las Palmas en Tarapoto cuenta con estructura física para producir el camarón tropical, implementándose una larvicultura donde se aplicó una nueva tecnología que considero desde la selección de las hembras ovígeras, la desova con colecta automática de larvas, el proceso de desarrollo larval incluyendo su nutrición con alimento vivo y formulado a 53% de proteína y 19% de lípidos, manejo y calidad de agua. El cultivo se realizó en un sistema de recirculación biológica (RAS), con tratamiento UVc, torre de espuma (skimmer) y filtración mecánica; los tanques fueron sembrados con tres (3) densidades experimentales de 80, 100 y 120 larvas/litro, el agua de cultivo salobre a 14 UPS mediante la mezcla de agua de sales de mar sintética y agua dulce, los parámetros de temperatura y pH fueron controlados manteniéndose a  $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , y 7.8 a 8.2 respectivamente, los niveles de amonio en 0.05 ppm y nitrito en 0.25 ppm controlados por la filtración biológica, los niveles de calcio vario de 180 a 220 ppm, magnesio en 580 a 620 ppm, potasio de 150 a 180 ppm, la alcalinidad de 65 a 100 ppm. Los resultados mostraron que la mejor densidad de cultivo es de 100 larvas/litro con una productividad de 66 pos-larvas/litro, mantenido supervivencia promedio de 66% en comparación al 30% que se obtenía sin control técnico, se notó una reducción de tiempo en la metamorfosis a pos-larvas de 32 a 25 días. Las pos-larvas se aclimataron de 14 UPS a 0 de salinidad y de 1500 micro siemens (conductividad) a 350 micro siemens (agua del cultivo de engorde); obteniéndose supervivencias de 80%. Se concluye que esta actualización y aplicación de nuevo método de manejo permitirá la producción masiva de pos-larvas de este camarón para el inicio de la cadena productiva.

---

Palabras clave: aclimatación de pos-larvas, camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*, fortalecimiento de pos-larvas, hatchery, larvicultura.

## ABSTRACT

Aquaculture has been growing in the world, in Peru the goals are meet consumer demand, increase the consumption of hydrobiological foods and preserve natural stocks. In Perú, the San Martín Region has the conditions for aquaculture production due to climatic, adequate soils and abundant water, the exotic shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) is one of the species with the highest demand, however, the production of post larvae (seed), was limited by the lack of technological update, which implies in developing new methodology for the mass production of its larvae through the formulation of food, development of adequate protocol to the regional conditions for the decapsulations of *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) as the main food, the evaluation of the use of synthetic seawater for the adequate larval development, in addition to implementing a RAS system for water quality control; for such Las Palmas aquaculture farm consists of physical structure to produce tropical shrimp, where a hatchery was implemented applying new technology, from the selection of ovigerous females, the spawning with automatic larvae collection, the larval development process including nutrition with live food and formulated at 53% protein and 19% lipids, water management and quality. The culture was carried out in a closed system (RAS) by biological filters, with experimental density 80, 100 and 120 larvae/liter, by treatment UVc, tower of foam (skimmer) and mechanical filtration; the brackish water was maintained at 14 UPS by mixing synthetic seawater and fresh water from the river, the parameters temperature at  $29\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and pH 7.8 to 8.2 was checked, and the ammonium levels were maintained at 0.05 ppm and nitrite at 0.25 ppm, showing the efficiency of water quality control, calcium levels were maintained at 180 - 220 ppm, magnesium at 580 to 620 ppm, potassium in 150 to 180 ppm, alkalinity at 60 - 100 ppm. The results showed that 100 larvae/liter was a best result by high increase in production maintained an average survival of 66% compared to 30% that was obtained without technical control, in addition to a reduction of time in the larval metamorphosis after larva from 32 to 25 days. The post larvae were acclimated, taking 14 UPS to fresh water and 1500 micro siemens (conductivity) in fresh water to 350 micro siemens with 80% survival, transferred to ground pools for pre-breeding were obtained. We conclude that a new technology and adaptation used is optimums to start a massive production of post larvae of this shrimp in Perú.

---

Keyword: Hatchery of fresh water prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, Post larvae acclimatization Strengthening.

## INTRODUCCION

Muchos crustáceos son aprovechados como fuente de alimento, y con fines comerciales, sin embargo, su pesca indiscriminada está ocasionando la disminución de los stocks naturales de algunas de estas especies (Coelho & Barreto, 1982; Brabagnoll & Grotta, 1995) también los depredadores, parásitos y la contaminación de los medios naturales (Wickins, 1976) podrían llevar a muchos crustáceos a su extinción. Conocer la reproducción de los organismos acuáticos proporciona medios para preservarlos y garantiza su supervivencia

Los crustáceos y específicamente los camarones, son considerados productos de alto valor alimenticio y comercial a nivel mundial (Methil *et al.*, 2009), y debido a la alta demanda se ha expandido su cultivo aumentando la producción y la tendencia hacia una intensificación de su manejo controlado, esto ha propiciado la necesidad de aumentar la producción de semillas (pos-larvas) generando la construcción de más laboratorios para su producción y satisfacer las demandas de los países de la cuenca del Pacífico (Nandlal & Pickering, 2005). La gran demanda del mercado por el camarón ha desarrollado muchos esfuerzos técnicos y científicos para disminuir los costos de producción y mejorar la productividad de pos-larvas de alta calidad en condiciones controladas (Rezaei *et al.* 2012).

Entre los camarones, uno de alta demanda mundial es el género *Macrobrachium* con algunas especies cultivadas comercialmente, dentro de ellas el *M. rosenbergii* es la especie más cultivada, su alta demanda en el mundo ha originado que se realicen muchos esfuerzos para reducir su costo y

aumentar la producción de larvas de calidad bajo condiciones controladas (Rezaei *et al.* 2012), Este camarón fue introducido al Perú en 1984, creando una gran expectativa de su cultivo como una alternativa a la gran demanda interna, sin embargo poco se avanzó en su tecnología y se continuó con la captura predatoria del camarón nativo de río, por otro lado, en la amazonia existen áreas propicias para la acuicultura por el volumen de agua y tierras con características físico químicas adecuadas, siendo la región San Martín la que más ha crecido en esta actividad contando con más de 650 hectáreas de espejo de agua autorizadas para el desarrollo de la acuicultura, teniendo la mayor infraestructura de la Amazonia (Dirección Regional de la Producción – DIREPRO - San Martín. 2015). Además, las características climáticas adecuadas para un crecimiento rápido y la topografía de ceja de selva baja que permita el uso del agua por gravedad hacen que esta región sea propicia para la acuicultura, sin embargo, se cultiva en pequeña proporción el camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) (IIAP, 2009) por la poca oferta de pos-larvas al mercado del engorde comercial debido a la falta de metodología y técnica en su producción.

En vista al gran interés, y demanda por el camarón *M. rosenbergii* y las condiciones adecuadas para su producción, se desarrollo un nuevo método y se aplicó adaptaciones de la tecnología a la producción local que permitiera incrementar la producción de pos-larvas del camarón *M. rosenbergii* pues es este el que da inicio a la cadena productiva de la carcinicultura de agua dulce, proponiéndose el presente trabajo evaluar el uso de alimento formulado micronizado, la adaptación de la tecnología de descapsulación de quistes de

*Artemia* (Leach, 1819) a condiciones locales para obtener nauplios con alta cantidad de vitelo, un buen rendimiento en la tasa y porcentaje de eclosión a bajo costo usando insumos de fácil adquisición en el mercado local, además de seguir un nuevo régimen de alimentación; también definir el uso de agua de mar sintética en el cultivo, eliminando el costoso y pesado transporte del agua de mar, y desarrollar un sistema RAS “Recirculation aquaculture system” tipo dry wet que mantenga la calidad de agua constante en la producción masiva de pos-larvas de este camarón en la amazonia peruana, específicamente en la provincia de San Martin, Región San Martin.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La acuicultura viene desarrollándose en el país de forma acelerada con la producción de moluscos bivalvos, crustáceos y peces de manera controlada y sustentable, productos de alta demanda en el mercado nacional e internacional, la gastronomía nacional ha despertado el interés en el mundo y la culinaria tradicional busca productos de calidad, lo que ha impulsado mucho más al cultivo controlado de especies hidrobiológicas, el camarón siempre se ha perfilado como un producto de alta demanda nacional, sin embargo la captura indiscriminada del camarón nativo (*Cryphiops caementarius*) lo ha colocado en riesgo de extinción, esto hace que la producción acuícola de la especie *M. rosenbergii* sea la grande alternativa para satisfacer el mercado y permitir la recuperación del camarón nativo en su medio natural.

Desde la década del 80 en que introdujo este camarón al Perú, específicamente en la amazonia peruana, como la opción para cubrir la alta demanda del mercado (Orbegoso, 2000), su cultivo fue modesto y definitivamente no cumplió su objetivo pese a tener demanda y condiciones adecuadas de clima y agua para su desarrollo, siendo que su principal problema estaba en la producción de semilla (pos-larvas) debido a varios aspectos de índole técnico científico que no estaban siendo considerados, esto era calidad de agua del cultivo, nutrición complementaria, alimento vivo (*Artemia franciscana*) preparada en condiciones insalubres y con baja eficiencia de producción, además de altas cargas de microorganismos parásitos, lo que lleva a un alto estrés, altas tasas de mortalidad y atraso en el desarrollo larval, con supervivencias menores al 30% cuando comparadas con producciones en otras partes del mundo donde la supervivencia mínima llega a 50% (Cavalcanti et al., 1986), también se notó que las hembras ovígeras presentaban baja tasa de eclosión de huevos (en promedio 6,000 larvas/hembra) y no existía ningún control de desinfección en ellas.

Así, las bajas tasas de supervivencia en la producción de pos-larvas debido a una serie de problemas mencionados y la falta de metodología actualizada hicieron que el desarrollo de esta actividad no surgiera, generando aún más la presión extractiva en la especie nativa e impidiendo crecer una actividad de gran demanda.

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el Perú, existe una alta demanda y poca oferta del camarón; la principal especie que se consume es el “camarón de río” *C. caementarius* un crustáceo de gran importancia económica, con capturas indiscriminadas que se han incrementado en 40 años de 78 toneladas a más de 1100 t/año en el año 2015 (DIREPRO, 2016) y viene siendo depredada progresivamente. En vista a esa problemática, la introducción del camarón tropical *M. rosenbergii* en 1984 tenía como meta cubrir la alta demanda existente, pues se contaba con una base tecnológica de su cultivo (Vicencio, 2008) que en la práctica no desarrolló, pese a tenerse las condiciones adecuadas y un gran potencial para el país (Orbegoso 2000) La alta demanda del recurso camarón continúa expectante, por lo que se hizo necesario investigar y aplicar nueva metodología para la obtención masiva de pos-larvas de este camarón aplicando biotecnología que asegure la gran demanda actual limitada por obsoletas tecnologías que no han cumplido su objetivo. La presente investigación permitirá desarrollar nueva tecnología, beneficiando no solo una actividad altamente rentable que precisa de la aplicación del conocimiento científico, además de contribuir con la inclusión social, el desarrollo de la economía rural y el cuidado del medio ambiente, que reduzca también la presión de captura en el recurso camarón nativo de río.

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar nueva metodología para la producción masiva de pos-larvas del camarón exótico *Macrobrachium rosenbergii* en el Perú.

### Objetivos específicos

- Formular alimento que garantice alta supervivencia de pos-larvas del camarón
- Desarrollar un protocolo nuevo, simple y adecuado, adaptado de la metodología de Sorgeloos & Persoone (1975) a las condiciones regionales para la descapsulación de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) como alimento vivo.
- Evaluar el uso de agua de mar sintética y su balance iónico en el desarrollo larval, densidad poblacional y supervivencia de las larvas.
- Desarrollar un sistema RAS para control de calidad de agua adecuada a la producción masiva de pos-larvas.

## MARCO TEÓRICO

El cultivo del camarón de agua dulce se pierde en el tiempo, hay referencias de su engorde en el sur de India y en Malasia (Wickins, 1976), en tiempos más recientes el interés por su valor comercial en el mercado dio inicio a una carrera para su cultivo controlado, en Perú, este camarón fue introducido, como pos-larvas, en el año 1984 por la Universidad Nacional, Agraria la Molina



en convenio con la empresa ALEMAR, desde Israel y Panamá para experiencias de crecimiento en aguas de lagunas de estabilización en San Juan de Miraflores (Lima) y se vio como una alternativa a la captura del “camarón de río” *C. caementarius* que no tenía resultados conclusivos para desarrollar su cultivo (Vicencio, 2008), siendo la empresa privada “Durhan Mayo” en 1986, que implemento el primer laboratorio comercial de reproducción en sistema de recirculación en el distrito de Cieneguilla - Lima, y en 1988 lo trasladó a la ciudad de Tarapoto, Región San Martín, con interés de iniciar el cultivo comercial masivo del camarón; sin embargo la falta de interés por buscar tecnologías y aporte científico actualizado que podría adaptarse a las condiciones locales, no fue desarrollado, manteniéndose la tecnología en el tiempo de la década de los años 90.

El histórico evolutivo de este camarón los ubica en una migración a aguas dulces en el periodo jurásico reciente donde se encuentran los primeros fósiles (Fig. 1) (Schram, 1982) mostrando que aún en la actualidad el proceso de adaptación a agua dulce continua, pues se observa la necesidad en su larvicultura por el agua salobre; lo que requiere entender que su fisiología en relación a la retención de iones aún está en proceso adaptativo por lo que las larvas precisan captar los iones del agua e incorporarlos a sus estructuras lo que lleva al empobrecimiento de la calidad del agua de cultivo en el tiempo, condición que se evaluó para la reposición del agua y la adición de iones (Mg, Ca, K) para equilibrar su balance químico.

En Brasil la metodología del cultivo en sistema cerrado consiguió definir dos formas de manejo siendo el sistema cerrado estático y el sistema cerrado

dinámico permitiendo una independencia del litoral para el manejo de la larvicultura (Valenti et al, 1989), esta metodología se aplicó en la Región San Martín con adaptaciones locales lo que permitió la reducción del costo operativo y la mayor eficiencia en el diseño productivo

En vista de este camarón ser un producto de alta demanda interna como de exportación, el presente trabajo se centralizará en actualizar la tecnología de producción aplicando los conocimientos científicos y equipos actuales para desarrollar método nutricional y de manejo para el aumento de la supervivencia y de la calidad de las pos-larvas, para lo cual se plantea desarrollar metodología dentro de los aspectos nutricionales, formulando una ración basándose en los conocimientos de enzimas digestivas de crustáceos, análisis bromatológicos y composición del Brachiopoda *Artemia* sp (Leach, 1819). que es el principal alimento, usado mundialmente en las larviculturas de crustaceos y peces; aspectos de manejo de calidad de agua, evaluando el adecuado balance iónico de calcio, magnesio, potasio, la osmorregulación y su relación con la alcalinidad y salinidad del agua de cultivo, así como también el control de las toxinas eliminadas por el metabolismo de las larvas (amonio) la cual por acción bacteriana en sistemas de recirculación biológica deberán procesar a compuestos poco tóxicos (nitrato), para las larvas

Existen pocas publicaciones recientes sobre el cultivo de este camarón en Perú, así la falta de literatura nacional y la poca información internacional actual sobre larvicultura de este camarón también fueron motivos para la realización del presente trabajo.

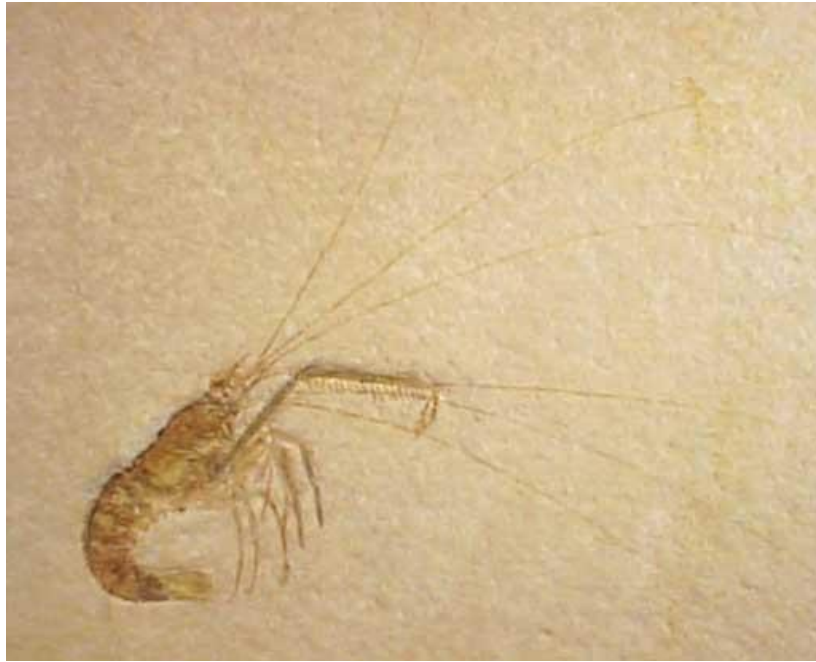


Fig. 1. Fósil de Palaemonidae del Jurásico (Schram, 1982)

## ANTECEDENTES

Entre los camarones, el género *Macrobrachium* es el más consumido mundialmente y algunas especies se cultivan comercialmente, estos camarones comprenden un grupo de más de 100 especies (New & Singholka, 1984), con una amplia distribución en las zonas tropicales y subtropicales del mundo; algunas de estas especies tienen valor económico desde el punto de vista pesquero y han venido siendo usadas desde tiempos remotos para el consumo humano en muchos países (New, 2002).

El *M. rosenbergii* es una especie originaria del sureste asiático (Wickins, 1976), conocido como camarón gigante de Malasia, camarón hawaiano, langostino malayo o camarón tropical, es una de las especies de cultivo en acuicultura más importantes, y en las últimas décadas ha sido introducido a

diferentes países del Norte y del Sur de América, África, Europa y Asia (New, 2000, citado en Rezaei *et al.*, 2012), Fue introducido al Perú, en el año 1984 por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en convenio con la empresa ALEMAR, que importaron dos lotes de pos-larvas de Israel y Panamá del camarón *M. rosenbergii* para evaluar su crecimiento en experimentos con aguas residuales tratadas, y verlo como una alternativa a la alta demanda del camarón nativo *Cryphiops caementarius* (Molina, 1769) pues los estudios de este camarón no eran conclusivos para desarrollar su cultivo (Vicencio, 2008) además el *M. rosenbergii* tenía ya un paquete tecnológico desarrollado. Esta especie fue introducida a la amazonia y se adaptó a las condiciones locales de la selva nor oriental y central (Orbegoso 2000).

Su clasificación taxonómica actualizada hace parte de la obra de BRUSCA & BRUSCA (1990) revisada en 1995 y corregida en enero de 2001; también del banco de la NCBI net Taxonomy Browser (<http://www3.ncbi.nlm.nih.gov/htbm-post/Taxonomy>).

**Filo** (Super Filo): Arthropoda

**Subfilo** (Filo): Crustacea

**Clase:** Malacostraca: Constituyen cerca del 75 % de todos los crustáceos.

**Sub Clase:** Eumalacostraca Grobben, 1892

**Super Orden:** Eucarida Calman, 1904

**Orden:** Decapoda Latreille, 1803

**Sub Orden:** Pleocyemata Burkenroad, 1963

**Infra Orden:** Caridea Dana, 1852

**Super Familia:** Palaemonoidea Rafinesque, 1815

**Familia:** Palaemonidae Rafinesque, 1815

**Género:** *Macrobrachium*, *Palaemon*, *Criphiops*

En condiciones naturales, en la mayoría de las especies de la familia Palaemonidae, las hembras ovígeras (con huevos fertilizados adheridos en la parte ventral del abdomen) descienden por el río cerca del estuario donde los huevos eclosionan en un medio salobre adecuado al desarrollo de las larvas zoea; después de un determinado tiempo, estas realizan metamorfosis en pos-larvas y retornan a aguas dulces (Coelho & Barreto, 1982; New & Singolka, 1986). Después de la eclosión, las hembras en un mes aproximadamente pueden realizar otra muda prenupcial y copular, mostrando de ese modo que el desarrollo embrionario en los huevos ocurre en paralelo con la maduración ovárica (Damrongphol *et al.*, 1991). El macho y las hembras alcanzan la madurez entre los 15 a 25 g. en un periodo de tiempo de 4 a 6 meses (Nandlal & Pickering, 2005), y entre 80 a 150 mm de longitud total (Guest, 1979 citado en Heldt *et al.*, 2012). El número de huevos por hembra depende de su tamaño, y varía de 8,000 a 20,000. Según New & Singholka (1986) el cultivo se puede dividir en cinco fases distintas, los huevos, las larvas, pos-larvas, los juveniles y adultos. El tiempo para cada una de estas fases en el *Macrobrachium* puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales, principalmente con la temperatura, la química del agua y la alimentación.

Las larvas del camarón de agua dulce son planctónicas, nadan activamente con el abdomen hacia arriba y adelante; según Nandlal and Pickering (2005) las larvas en su ambiente natural son carnívoras por lo que en

el cultivo se alimentan de nauplius de *Artemia* (*Artemia franciscana*) y de alimento micronizado formulado a base de proteínas de origen animal y vegetal, la combinación de ambos alimentos se ha mostrado satisfactorio. Los juveniles y adultos en su ambiente natural son omnívoros y se alimentan de insectos, larvas, pequeños moluscos, crustáceos, carnes y carcazas de pescado, granos, nueces, semillas, frutas, algas, hojas tiernas y los tallos de las plantas acuáticas, incluso pueden ser caníbales en periodos de muda o cuando el alimento escasea; ya en sistemas de cultivo controlado, se fertilizan las pozas de engorde para permitir una cadena trófica del cual el camarón se alimenta de los detritus y larvas de insectos en el bentos, y como complemento a su nutrición se usa alimento formulado comercial o artesanal.

El cultivo larval lo inicio el Dr. Shao-Wen Ling en 1961 en el Marine Fisheries Research Institute en Penang, Malasia, quien trabajando con larvas define la necesidad del uso de agua salobre para la supervivencia de las larvas, este descubrimiento, por error, cuenta que cayo salsa de soya en el acuario de trabajo (Ling, 1977) salinizando levemente el agua lo que permitió la supervivencia de las larvas, con esta base, mejorando el manejo en 1961 Ling & Merican describen los estadios larvales y en un sistema con micro algas llegan a obtener pos-larvas cerrando el ciclo larval a nivel experimental, estas primeras pos-larvas sirvieron para iniciar los experimentos de engorde ya desde 1963.

Con estos resultados se continuaron los trabajos de investigación, así el *M. rosenbergii* fue introducido a diferentes países y en Estados Unidos de América en Hawái el Dr. Takuji Fujimura en 1965 consigue el primer cultivo

comercial en un sistema de aguas verdes (con micro algas clorofitas) en el Anuennue Fisheries Reserch Center en Honolulu (Fujimura & Okamoto, 1972) obteniendo cantidad razonable de pos-larvas, indicando una supervivencia de cerca del 20% lo que permitió iniciar el cultivo experimental en granjas camaroneras comerciales de Hawái durante los años 70 y la transferencia de la tecnología a Tailandia y Taiwán.

En 1977, la empresa AQUACOOP en Tahití desarrolló una nueva metodología denominada de “sistema abierto”, que consistía en realiza un recambio aproximado de 70% del volumen del agua diariamente, dando como resultado un incremento en supervivencia del 50%, revolucionando el cultivo comercial y colocando mayor cantidad de pos-larvas disponibles para el mercado del engorde. Posteriormente en 1983 la misma empresa AQUACOOP adaptando conocimientos del sector de acuariofilia inician experimentos de cultivo usando filtros biológicos lo que permitió mantener la calidad del agua constante, estresando menos a las larvas, consiguiendo mayores supervivencia y larvas más resistentes al medio de cultivo comercial (AQUACOP, 1983) a este nuevo sistema productivo lo denominaron de “sistema cerrado”.

En América del Sur específicamente en Brasil, la metodología del cultivo en sistema cerrado desarrollo dos formas de manejo, siendo el “sistema cerrado estático” y el “sistema cerrado dinámico” permitiendo una independencia del litoral para el manejo de la larvicultura (Valenti 2002).

En la larvicultura comercial se pueden utilizar tres tecnologías conocidas de producción de larvas: agua clara en un sistema abierto, que consiste en

sustituir dos terceras partes del agua diaria de tanque; aguas verdes, que consiste en el crecimiento de larvas asociados con algas clorofíceas que actúan como un filtro biológico y que además reducen la necesidad de intercambios de agua; y el de agua clara con recirculación que es un sistema cerrado basado en la recirculación constante del agua del tanque de cultivo a través de un filtro biológico (Heldt et al., 2012). El biofiltro o filtro biológico, permite el proceso continuo de nitrificación, garantizando bajos niveles de amonio y nitrito, también el ahorro de agua salobre.

En Perú en el año 1984 la Universidad Nacional Agraria La Molina importó dos lotes de pos-larvas de Israel y Panamá del camarón *M. rosenbergii* realizándose las investigaciones adaptativas de la tecnología en dos pequeños laboratorios, donde se desarrollaron las primeras de pos-larvas del *M. rosenbergii*, y en convenio con la empresa privada ALEMAR se enviaron pos-larvas a una granja acuícola en Tarapoto para el engorde, fue la empresa “Durhan Mayo” que recibió un lote de reproductores de la UNALM y en 1986 instaló el primer laboratorio privado en sistema de recirculación en el distrito de Cieneguilla, Lima, abasteciendo con pos-larvas a granjas acuícolas en Tarapoto y algunas localidades costeras (Orbegoso, 2000), este laboratorio en 1988 fue transferido a Tarapoto. Estos avances dieron inicio, años más tarde a la instalación de otros laboratorios de larvicultura en la ciudad de Lima, desarrollando el engorde de camarón en Lima (Cañete y Huacho), San Martín (Tarapoto y Moyobamba), Piura, Junín (Satipo) y Cusco (Quillabamba). El desarrollo técnico científico principalmente por empresas privadas permitió, durante un periodo, el desarrollo de la actividad camaronera por la producción



de semillas de este camarón en localidades distantes del litoral costero mediante la tecnología de la filtración biológica, sin embargo, la mayoría cerro por falta de actualización técnica, problemas de calidad de agua y patologías.

En los últimos años la carcinicultura de agua dulce en el mundo ha crecido debido a los avances tecnológicos en el manejo, alimentación y desarrollo larval. Habiendo grandes avances en la parte del engorde en estanques, en bioseguridad, y también en el control de enfermedades (Díaz y Montes, 2012). Así el ciclo de vida del camarón *M. rosenbergii* actualmente puede definirse en dos contextos, en la naturaleza y en cautiverio, como mostrado en la Fig. 2.

## **HIPOTESIS**

El conjunto de variables: densidad poblacional, alimento inerte, alimento vivo, uso de agua de mar sintética, la calidad de agua en sistema RAS permitirán la producción masiva de pos-larvas superior al 50 % del camarón exótico *M. rosenbergii*.

## MATERIAL Y METODOS

### A.- LUGAR DE EJECUCION

El laboratorio de larvicultura, donde se desarrolló la parte experimental, se encuentra localizado dentro de la granja camaronera “Las Palmas” en el Centro Poblado Las Palmas, distrito de La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, región San Martín, sus coordenadas geográficas son 06° 31´ 15.8” S y 76° 20´ 01.08” W, y cuenta con una área de 32 hectáreas, siendo 9.46 ha de espejo de agua en 32 pozas de engorde, 6 jaulas de pre cría, un laboratorio de larvicultura, una sala de aclimatación y fortalecimiento de pos-larvas, una planta de alimento y una planta de procesamiento primario (Fig.3). El laboratorio de larvicultura fue diseñado construido y equipado por el autor de este trabajo en un tiempo de 6 meses, donde se iniciaron las pruebas preliminares de funcionamiento y adaptándolo a las condiciones locales, definiéndose una nueva metodología para la producción de este camarón.

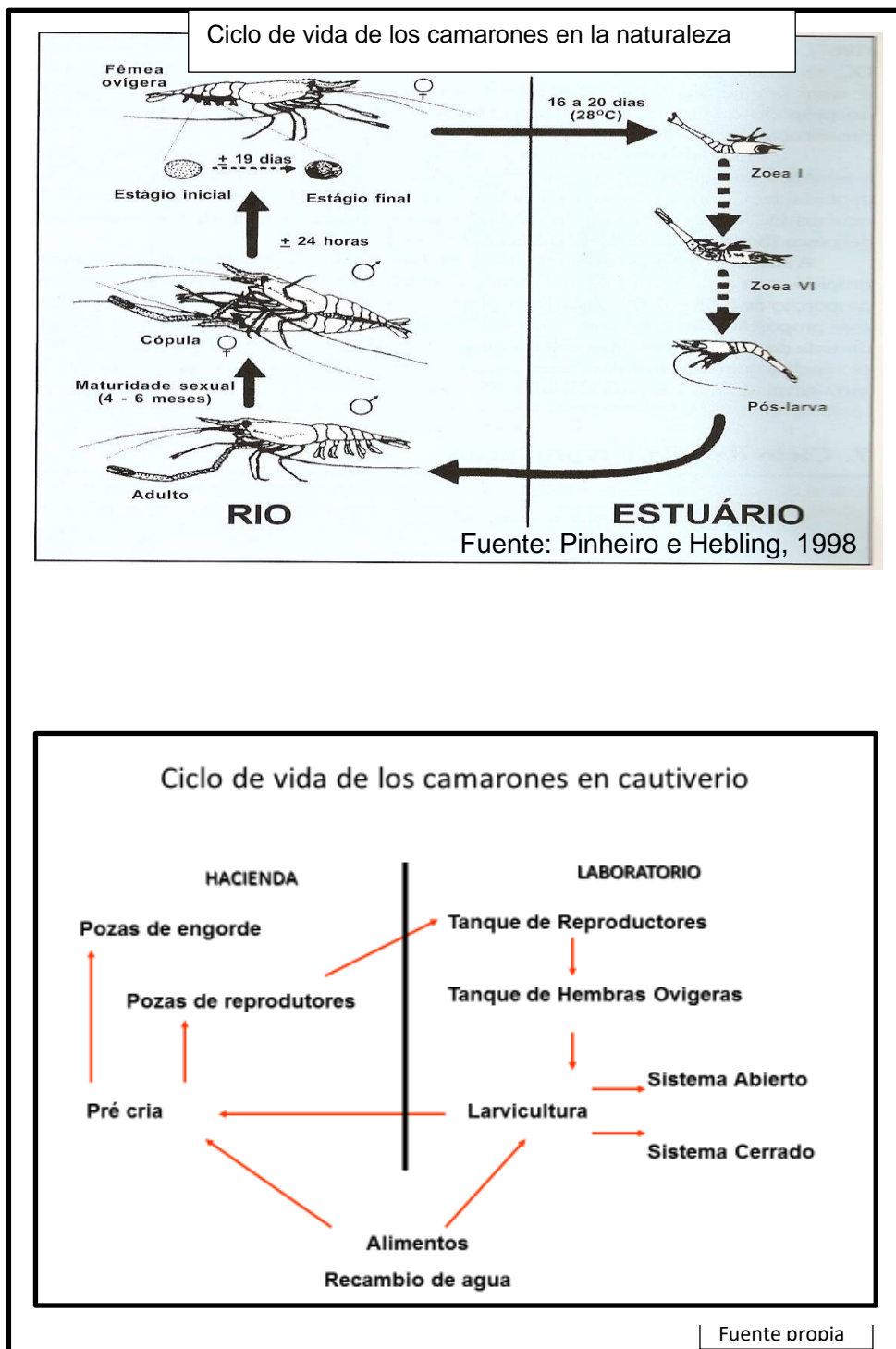


Fig. 2. Ciclo de vida del camarón tropical en la naturaleza y cautiverio

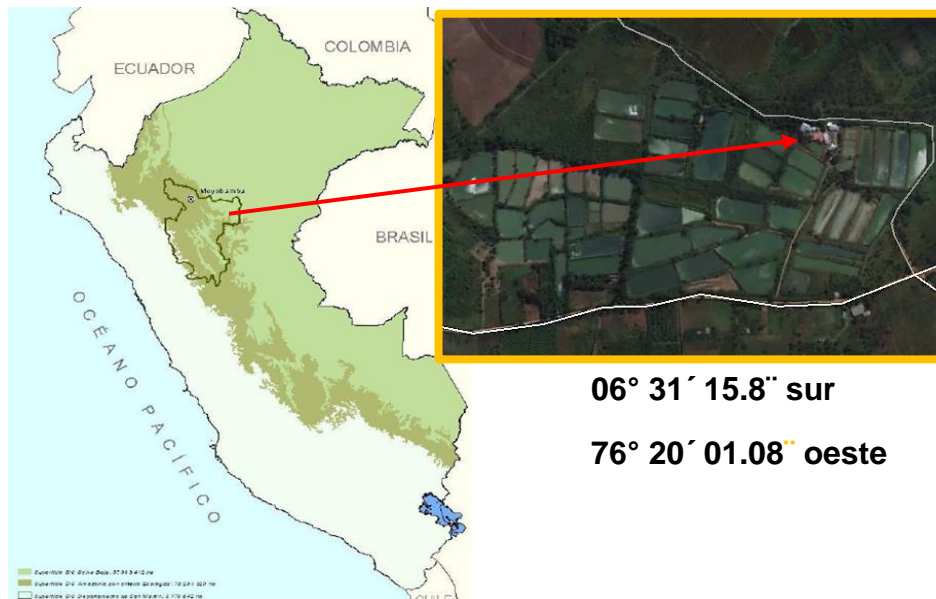


Fig. 3. Localización de la larvicultura

## B.- TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

El modelo o tipo de la investigación es descriptivo detallándose todo el proceso de la producción de “semillas” (pos-larvas) del camarón definiéndose un protocolo de manejo adaptado a las condiciones regionales e inclusive adaptables a nivel nacional y Sur América. Como no está definido para el Perú una metodología actualizada, la investigación descriptiva analizó las variables densidad, nutrición y calidad de agua por ser fundamentales para el suceso en la obtención de alta supervivencia y buena calidad, evaluándose en relación a su supervivencia y calidad de pos-larvas, definiendo la calidad como homogeneidad en tamaños, vacuolas abundantes en el hepatopáncreas, tamaño del hepatopáncreas, movimiento peristáltico del intestino, coloración y expansión de los cromatóforos, ausencia de necrosis y de epibiontes.

Se siguió el método correlacional y experimental donde las variables, basándose en la observación, nos llevaron a una relación con la supervivencia; por otro lado, el efecto de las variables pudo ser analizado por su variancia (ANOVA) definiendo las diferencias y los mejores resultados que permitieron considerarse como base de un protocolo de manejo.

También un diseño de investigación experimental descriptivo que verificó el efecto de las variables dando valores y su incidencia en el proceso productivo ayudando a definir el protocolo más adecuado para cumplir con los objetivos planteados, este diseño se definió en vista que no existen actualmente en el Perú modelos específicos de producción de pos-larvas que permita un sistema comparativo, así se llegó a desarrollar una metodología de producción, formulando una dieta micronizada, usando un protocolo para la producción del alimento vivo, agua marina sintética y un sistema de bio filtración eficiente, lo que permitió desarrollar protocolos eficientes de manejo para la producción masiva de pos-larvas de este camarón.

### **C.- VARIABLES**

El conjunto de variables evaluadas fue: densidad poblacional, alimento inerte, alimento vivo, carga iónica adecuada (calcio, magnesio, potasio) mediante el uso de agua de mar sintética y la calidad de agua en sistema RAS (conversión del amonio a nitrato, eliminación del anhídrido carbónico, retención de material en suspensión y adecuada oxigenación) evaluando también los

niveles de amonio, nitrito y nitrato, que permitirán la producción masiva y altas supervivencias de pos-larvas del camarón exótico *M. rosenbergii*.

Cabe indicar que los parámetros de temperatura y pH fueron controlados y mantenidos durante todo el experimento por lo que no fueron afectos de ser considerados variables.

#### **D.- OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Las variables densidad poblacional, alimento inerte, alimento vivo, química del agua, y sistema de recirculación darán valores a ser comparados con la sobrevivencia de pos-larvas, basándose en la literatura internacional y comunicación personal de Coutinho, 2016, (hatchery en el estado de Espiritu Santo, Brasil) especialista en larvicultura de este camarón, en Brasil, informaciones no publicadas que indica supervivencias en hatcheries comerciales de 50 % que consideran eficientes.

En la estructura se consideró la captación del agua y su sistema de filtración, los tanques para estoqueo del agua, los sistemas de desinfección por radiación UVc, el sistema de cultivo a ser usado, filtraciones mecánicas, grupo generador de energía eléctrica, compresores radiales (blowers), tanques de cultivo de fibra de vidrio de color oscuro con volumen útil de 1000 L y tirante de agua no mayor de 90 centímetros, equipos de control de calidad físico química del agua y evaluaciones biológicas como salinómetro refractómetro, conductímetro, pH metro, kit para análisis colorimétrico de amonio, nitrito,

fosfato, calcio, magnesio, potasio, alcalinidad, nitrato; termómetros de alcohol, microscopio, computadora.

En la tabla1 se resume las variables, sus dimensiones, indicadores y las escalas de mediciones:

Tabla 1, Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Alimento vivo	Aporta a las larvas aminoácidos esenciales, ácidos grasos y carotenos presentes exclusivamente en el vitelo, por lo que se necesita nauplius en instar I	Define supervivencia y buen crecimiento evaluable en la relación estadio larval vs tiempo y conteos de supervivencia	Porcentaje de supervivencia (%) Tiempo hasta llegar a pos-larvas
Alimento inerte	Alimento formulado nutricionalmente como un complemento al alimento vivo con aporte de colesterol, aminoácidos y fuente de proteína de alta digestibilidad	En conjunto con el alimento vivo define supervivencia y buen crecimiento evaluable en la relación estadio larval vs tiempo y conteos de supervivencia	Porcentaje de supervivencia (%) Tiempo hasta llegar a pos-larvas
Agua de mar sintética	Aporta las sales necesarias para el balance iónico de las larvas y los nutrientes minerales que se incorporaran a sus organismos	Reductor de estrés y aportador de nutrientes minerales tipo calcio, magnesio, zinc, sodio, potasio, boro; mantiene adecuada la osmorregulación	Análisis colorimétrico con lectura en ppm.
Sistema RAS	Filtración biológica por bacterias nitrificantes, mantiene constante la calidad del agua en relación con compuestos nitrogenados tóxicos	Reduce el amonio a nitrito y este a nitrato, compuesto poco tóxico en altas concentraciones. Se incluye el fosfato como indicador de	Análisis colorimétrico con lectura en ppm

		descomposición de materia orgánica, la alcalinidad y el pH	
Densidad Poblacional	Cantidad de individuos colocados por volumen	Define capacidad de carga en un volumen de agua lo que lleva a mayor supervivencia y mejor calidad de pos-larvas	Porcentaje de supervivencia (%) Tiempo hasta llegar a pos-larvas

## E.- MUESTREO

La población objeto son las larvas, que por cada unidad de investigación (tanques de cultivo) se colocó como experimento 3 densidades poblacionales, siendo 80 millares por tanque (80 larvas/l), 100 millares por tanque (100 larvas/l) y 120 millares por tanque (120 larvas/l), en 9 unidades de análisis siendo 3 repeticiones de cada densidad por vez, y 3 repeticiones más en el tiempo con la intención de evaluar condiciones sazonales que podrían afectar el cultivo, así fueron un total de 9 repeticiones para cada densidad poblacional evaluándose en cada densidad la eficiencia del sistema de recirculación, las cargas iónicas provenientes del agua de mezcla a 14 UPS preparada con sales de agua de mar sintética, y los efectos de la alimentación viva y ración inerte en la supervivencia y tiempo para llegar a pos-larvas. Así las larvas conforman el marco muestral las cuales fueron colectadas diariamente para la evaluación del desarrollo larval y sus condiciones fisiológicas, las larvas “sembradas” fueron del mismo día de nacimiento con la finalidad de mantener lo más



homogéneo posible el crecimiento, acompañándose de los análisis químicos del agua de cultivo.

Las muestras evaluadas siguieron el método de muestreo probabilístico al azar, donde las colectas fueron evaluadas en número impar con una cantidad de 9 larvas/día, por otro lado, la observación visual permitió identificar la homogeneidad de las larvas. Las muestras de agua se colectaron diariamente. La aireación se mantuvo continua mediante difusores de aire que oxigenaban y homogenizaban el agua haciéndose las colectas de la parte media del tanque para los análisis químicos.

## **F.- PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para la instalación de la estructura de trabajo, se hicieron los planos con el lay – out considerando aspectos de bioseguridad, estructura física y armonía estructural, así como el uso de materiales locales consistente en madera que fue tratada y protegida.

En la estructura se consideró la captación del agua y su filtración, los tanques para mezcla y estoqueo del agua, los sistemas de desinfección con uso de hipoclorito de sodio y radiación UVc, filtraciones mecánicas, filtración biológica, grupo generador de energía eléctrica, compresores radiales (blowers), tanques de cultivo que fueron de fibra de vidrio de color oscuro con volumen útil de 1000 litros y un tirante de agua de 70 centímetros, equipos de control de calidad físico química del agua como salinómetro refractómetro, conductivímetro, potenciómetro, kit para análisis colorimétrico de amonio,

nitrito, fosfato, calcio, alcalinidad, nitrato; termómetros de alcohol, y equipo para evaluación biológica como microscopio con cámara incorporada, además de computadora



Fig. 4. Vista externa e interna del laboratorio de larvicultura



Fig. 5. Sistema de filtrado fino a 1 micra

El laboratorio de larvicultura ocupa un área 120 m<sup>2</sup>, y se estructuró para una capacidad de producción de 600,000 mil pos-larvas/mes (600 millares). La infraestructura esa constituido por un sector seco donde se encuentra la sala de microscopia y análisis físico químicos de agua, el sector húmedo, donde está la sala de preparación los alimentos y el área de cultivo larval y eclosión de huevos, en esta sala de cultivo larval se instalaron 9 tanques circulares de

fibra de vidrio de volumen útil de 1000 litros y 0.7 metros de tirante de agua, cada tanque de cultivo larval está integrado a un filtro biológico, y conectándose todo el sistema de filtros biológicos (Fig. 6) a un sistema de recirculación que pasa por una unidad de tratamiento de agua de 1000 litros de capacidad conectado a un sistema de esterilización UVc (Fig.7), una torre de espuma (skimmer) (Fig. 8) y dos filtros biológica. Todo el volumen de agua circulante se filtra por cartuchos de celulosa de 1 micra (Fig. 5), los filtros biológicos se encargan de transformar el amonio excretado por las larvas a nitrato, compuesto que no es toxico en concentraciones relativamente altas para las larvas (100 a 200 ppm). En cada filtro biológico hay un sistema de filtración mecánica (Fig. 9) previo, lo que impide la entrada de materia orgánica al filtro biológico.

El agua después del tratamiento retorna a los tanques con larvas a través de 2 bombas sumergibles de 2800 litros/hora, cerrando así el sistema de recirculación.

Para el sector de eclosión de huevos para nacimiento de las larvas zoeas se instaló un tanque rectangular de fibra de vidrio de 1200 litros de volumen útil, y otro circular de 100 litros para recibir las larvas. En el tanque de 1200 litros se le colocó al frente y superficialmente un tubo de 2 pulgadas que por rebose el agua lleva a las larvas recién nacidas al tanque de 100 litros, dentro de este tanque hay un filtro de 100 micras que permite la salida del agua y retiene las larvas, concentrándolas. El agua que sale de este tanque retorna al tanque de las hembras (Fig. 10)



Fig. 6. Tanque de cultivo integrado al filtro biológico.



Fig. 7. Esterilización mediante lámpara UVc



Fig. 8. Tanque de tratamiento de agua con skimmer (torre de espuma)



Fig. 9. Sala de cultivo larval de *Macrobrachium rosenbergii*.



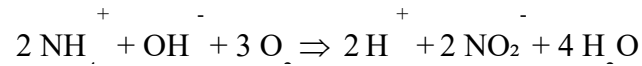
Fig. 10. Tanque de eclosión y colecta de larvas

Dentro del laboratorio se instalaron 3 tanques reservorios de 10 m<sup>3</sup> cada uno, dos para almacenar agua de mezcla (a 14 UPS) y uno para agua dulce esta agua, se usa para la aclimatación de las pos-larvas, proviene del canal de irrigación que deriva del río Ahuashiyacu, esta agua es previamente filtrada por un filtro mecánico de arena (50 micra) y luego desinfectada con hipoclorito de sodio al 5.5% (lejía comercial).

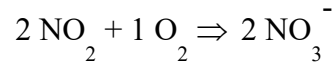
Los filtros biológicos se instalaron siguiendo los cálculos de balance de masas (Jiménez, 2018) para definir el caudal adecuado para la eficiencia del sistema, esto permite mantener la calidad del agua en condiciones adecuadas a la vida de las larvas; el material en suspensión proveniente de las heces, restos de alimentos y otros detritus son retenido por un filtro mecánico conformado por lana perlón (sintética) doblada en 4 camadas, así solo el material soluble iónicamente (amonio y restos nitrogenados) del agua pasan al filtro biológico el cual en su interior contiene material poroso (cerámica) muy fino para la fijación de colonias de bacterias nitrificantes, estas bacterias usan como sustrato nutricional, primeramente, el amonio metabolizándolo a ion nitrito y en una segunda fase el nitrito será metabolizado a ion nitrato el cual es toxico solo en altas concentraciones (encima de 200 ppm). Todo este proceso se realiza en un medio saturado de oxígeno pues las bacterias son aeróbicas, además debe tener poca luminosidad pues también la eficiencia mejora en estas condiciones.

La actividad de las bacterias nitrificantes en los filtros biológicos fue definida:

Bacterias nitrificantes *Nitrosomonas sp.*



Bacterias nitrificantes *Nitrobacter sp.*



Para instalar y hacer operativo el filtro biológico se consideró la biomasa final a un peso de 0.01 gramos por pos-larva, la tolerancia máxima del amonio sin llegar a mortalidad de las larvas (2 ppm), la concentración adecuada de oxígeno (7 ppm), la cantidad máxima de material en suspensión (15 ppm) y la eliminación del anhídrido carbónico (10 ppm) producido por la respiración. Con estos datos se procedió al balance de masas mediante un software que evalúa el caudal que necesita el sistema para que el filtro biológico pueda procesar adecuadamente el agua en el sistema RAS, el caudal en litros/minuto define la capacidad de la electrobomba a instalarse.

Los biofiltros instalados funcionan con el sistema conocido como dry – whet, (seco húmedo) este sistema es practico por su facilidad de instalación y eficiencia, donde el agua cae como ducha sobre el material filtrante manteniéndolo mojado y al mismo tiempo en contacto con el aire atmosférico garantizando la oxigenación.

Los biofiltros fueron confeccionados en cilindros de plástico comercial de 200 litro donde se cortó la parte superior, internamente en la base se colocó una bomba sumergible de 2800 litros/hora y un falso piso donde pasaba el agua filtrada, sobre este, un perlón para retener algún material en suspensión que pudiera haber pasado, y sobre este el material poroso que consistió en cilindros

de cerámica fabricados comercialmente para esta función (Fig. 11). En la parte superior del biofiltro se instaló el sistema de filtro mecánico para retener los materiales en suspensión gruesos provenientes del tanque de cultivo (heces, alimento, etc.). La circulación del agua se realizó por acción de una bomba sumergible de 2800 litros/hora.

El agua del tanque de cultivo pasa al biofiltro por “ar life”, y la bomba sumergible interna lleva el agua a través de una tubería de ½ pulgada a otro tanque que se usa como un centro de procesamiento y desinfección, retornando por otro sistema de tuberías, cerrando así el ciclo de circulación del agua.

Para el sistema de cultivo larval o larvicultura del *M. rosenbergii* se utiliza agua de mezcla, entre agua de mar y agua dulce a una concentración entre 13 a 16 UPS según lo indicado por New (2005). Por la localización en la Región San Martín el transporte de agua de mar se hace poco práctico y bastante caro, por lo que se utiliza agua de mar artificial de la marca “MARINE ENTERPRISES” (Fig.12), y agua dulce del canal de abastecimiento proveniente del río Ahuashiyacu, previamente filtrada, desinfectada y almacenada, la salinidad es calculada mediante la fórmula conocida de:

$$C1xV1 = C2xV2$$

Donde la Concentración 1 es la que se desea llegar adicionando un Volumen 1 para llegar al volumen final, y la Concentración 2 es la que hay con un Volumen 2 actual. En esta fórmula se despeja el V1 para saber cuánto de agua hay que adicionar para llegar a la concentración deseada. En el caso



del cultivo larval se definió fijar la salinidad en 14 UPS como una forma de economía de sales dentro de los valores indicados por New (2005).



Fig. 11. Cerámica para fijación de bacterias nitrificantes.



Fig. 12. Sales de mar para preparar agua de mar artificial.

La salinidad fue verificada con un salinómetro - refractómetro (Fig. 13) haciendo los ajustes necesarios.

La temperatura del cultivo se mantuvo en un rango de 28 a 30 °C con la ayuda de calentadores de inmersión con termostatos de 300 watts, para la verificación de la temperatura se usa termómetro de alcohol con un rango de 0 a 50 °C de sensibilidad de 1 °C; en épocas frías de invierno se tapaban los tanques con plástico transparente durante la noche para evitar la pérdida de calor.

El pH se mantuvo en un rango entre 7.8 y 8.2 y fue medido con un pH metro digital. La tendencia del pH es siempre bajar por la cantidad de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) expelido por las larvas en la respiración, para lo cual el pH se regula con la adición de bicarbonato de sodio.

La oxigenación se mantuvo saturada, encima de 7 ppm mediante la inyección de aire proveniente de un blower de 1 HP de capacidad. (Fig. 14)



Fig. 13. Salinómetro refractómetro



Fig. 14. Blower o compresor radial de 1 HP

Para el inicio del cultivo se usaron hembras ovígeras, es decir con huevos entre los pleópodos, y en ultimo estadio de desarrollo embrionario (Fig. 15) estas fueron recolectadas de la poza de reproductores y transportadas inmediatamente al laboratorio donde se les retiró el segundo par de periopodos (Fig. 16) para evitar que se maltraten entre ellas y se retiren los huevos, luego se inició la desinfección que consistió en cambiar el agua con que llegaron del campo, con agua potable, luego se colocaron en una tina con 30 litros de agua y 60 ppm de formol durante 45 minutos, durante ese tiempo se les mantuvo con aireación moderada y después se les colocó en el tanque de eclosión donde se colocaron “refugios” constituidos por ladrillos de 8 huecos, en el tanque se pusieron como máximo 80 hembras las cuales se mantuvieron sin alimentación hasta ser retiradas después de 3 a 4 días en que terminó la eclosión de huevos, luego las hembras retornaron al campo al estanque de reproductores,

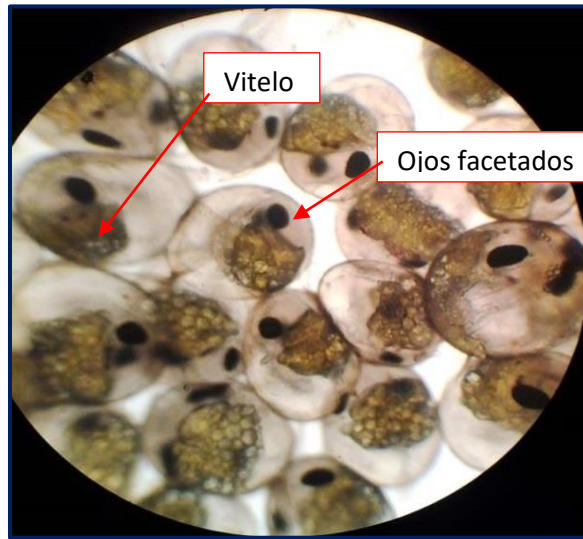


Fig. 15. Huevos en último estadio de desarrollo embrionario



Fig. 16. Extracción del segundo par de quelas de las hembras

El agua para la eclosión de los huevos y nacimiento de las larvas se mantuvo a 10 UPS de salinidad conferido con salinómetro refractómetro, y a 29 °C de temperatura con ayuda de un calentador de 300 watts.

Las larvas pasaron desde el tanque de eclosión, automáticamente por atracción de la luz (fototaxismo) a través del tubo de rebose al tanque menor de 100 litros, este tanque presenta un sistema de filtración en la parte central consistente de una tela de 100 micras que permite el paso del agua, pero no de las larvas (Fig.17).

Las larvas nacen en estadio de proto zoea y en pocos minutos pasan a zoea I, que tienen un tamaño aproximado de 1.92 milímetros, y en este tanque se mantienen con aireación constante para luego ser contadas por volumetría.

Para el conteo, se homogenizó el agua agitando con las manos desde el fondo y se tomó 3 muestras de 300 ml, cada muestra se contó una a una las larvas, obteniéndose un promedio y luego se calcula la cantidad de larvas en el tanque de 100 litros



Fig. 17. Tanque de eclosión de huevos

El conteo se realizó según el ejemplo:

Conteo 1: 1,340 en 300 ml

Conteo 2: 1,280 en 300 ml

Conteo 3. 1,325 en 300 ml

TOTAL 3,945 promedio 1,315 en 300 ml en 1 litro serán 4383 larvas

En 100 litros (volumen del tanque donde están concentradas las larvas) serán 438,300 larvas concentradas

siguiendo cálculos, se definió:

438,300 larvas – 5% (21,915 larvas con posible deficiencia genética, deformidades o inviabilidad al cultivo) quedando aproximadamente 416,385 larvas consideradas viables, que fueron recolectadas (Fig. 19) con una malla net fina, del tanque circular y pasando a concentrarlas en un balde con 15 litros de agua de cultivo (14 UPS, pH 8.2, temperatura 29 grados centígrados), en el balde con las larvas se le hace unos giros en el agua, con la mano, a manera de concentrarse en el medio las suciedad y larvas muertas (las posibles 5% indicado anteriormente), luego esta suciedad es retirada (Fig. 20) y queda listo para sembrar.

Para sembrar en el caso de 4 tanques de 1,000 litros de volumen útil, con 100,000 larvas en cada uno (100 larvas/litro), sería una regla de tres simple:

416,385 larvas en.....15 litros de agua

100,000 larvas en.....x litros de agua

Donde se colocó, previa constante homogenización, 3.6 litros en cada tanque dando un total de 14.4 litros, lo que queda se descarta pues es importante sembrar larvas del mismo día para no tener dispersión de

crecimiento. (Fig. 21). Las densidades experimentales siguieron esa metodología de siembra, y fueron:

Tabla 2.

Densidades Experimentales de Cultivo Larval

Densidades	Repeticiones	Cantidades/tanque
80 larvas/litro	3 x 3	80,000
100 larvas/litro	3 x 3	100.000
120 larvas/litro	3 x 3	120,000



Fig. 18. Conteo de larvas recién nacidas



Fig. 19. Colecta de larvas recién nacidas



Fig. 20. Retirando restos de suciedad del balde con larvas



Fig. 21. Siembra de larvas de *M. rosenbergii* en tanque

Realizada la siembra con las densidades experimentales se hizo un total de 3 (tres) lotes (Tabla 2), con la intención de comparar la supervivencia, luego se procedió a hacer diariamente los análisis, biológicos, evaluándose el estadio larval, condición del vitelo, aspectos morfológicos externos como integridad de las estructuras, proximidad de muda, condición de los cromatoforos, aspectos morfológicos internos como movimiento peristáltico, condición del



hepatopancreas, observación de células sanguíneas (hemocitos granulocitos) y presencia de epibiontes mediante uso de microscopía. Dentro de los aspectos físicos se evaluó la temperatura (termómetro digital y de alcohol) y la salinidad (salinómetro refractómetro) dentro de los aspectos químicos se evaluó la concentración de amonio por excreción de las larvas, la concentración de nitritos, nitratos por acción bacteriana en la conversión del amonio en el filtro biológico, la concentración y acúmulo de fosfato por descomposición de materia orgánica, el magnesio, calcio potasio como elementos indispensables en el metabolismo y estabilidad de la química del agua. Todos los análisis químicos se realizaron por colorimetría usando kit de análisis marca JBL (fig. 22).



Fig. 22. Análisis de los parámetros químicos del agua de cultivo

La alimentación de las larvas se dividió en alimento vivo y alimento inerte, el alimento vivo consistió en nauplius de *Artemia franciscana* tipo A (Fig. 23) en instar I (boca y ano cerrado), y el alimento inerte en una ración micronizada formulada en base al análisis proximal del nauplio de *Artemia* (Balderas-Cortés, J. et al, 2008) y del camarón (Ramírez, E. et al, 2010) además

de información sobre contenido de enzimas digestivas de larvas de penaeideos (Carrillo & Gonzales, 2000) utilizándose insumos que combinados cubrían los requerimientos estimados de las larvas; los insumos fueron mezclados en licuadora y cocinados en baño maría hasta mostrar una consistencia de “soufflé” el cual fue cortado en trozos largos y tamizado hasta obtener los tamaños aproximados de 250 micras, 450 micras y 700 micras, usados según el desarrollo de las larvas y considerando la partícula como 1/8 del tamaño de la larva.

La *Artemia franciscana*, utilizada fue de la marca “Brine Shrimp Egg” que se consigue en la forma de quistes de resistencia, en latas selladas al vacío, siendo que un gramo de quistes tiene aproximadamente 280,000 quistes según indicaciones del envasador.



Fig. 23. Marcas diferentes de quistes de *Artemia* sp. tipo A

Las larvas de camarón se alimentan capturando su presa siendo muy activas, la cantidad de nauplius consumidos por día se determinó al tanteo en pruebas de velocidad de consumo y desarrollo larval según tabla

El nauplio de *Artemia sp.* en instar I (Fig. 24) es el que se usa como alimento, pues al tener aun la boca y el ano cerrado la cantidad de vitelo es abundante y suministrar parte de los requerimientos nutricionales de la larva, para que el vitelo sea abundante con poco consumo durante la eclosión, se procede a la descapsulación del quiste el cual consiste en retirar el corion que es la membrana externa gruesa formada de hematina y la membrana cuticular externa (blanca), a través de su disolución con hipoclorito de sodio, para este proceso se sigue el método de descapsulación propuesto por Sorgeloos, P., (1974) que en la práctica fue modificado y adoptada las modificaciones, que consistieron: hidratar los quiste en un volumen definido de agua para decapsular en esa misma agua usando hipoclorito de sodio comercial al 5.5 % (lejía comercial), sin adición de hidróxido de sodio (subir el pH) ni hielo para enfriar el proceso, aplicando aireación fuerte y observando el cambio de coloración del quiste, así, simplificando el proceso y teniendo la eficiencia adecuada.

El proceso de la nueva metodología adaptada y adoptada que se aplicó inicia pesando la cantidad definida de quistes, luego hidratarlos en volumen definido de agua con adición de 1 gramo de bicarbonato de sodio airearlos fuertemente durante mínimo 40 minutos y máximo 2 horas pues antes o pasando ambos extremos la eclosión baja en su eficiencia. Posterior a la hidratación en la misma agua se le adiciona lejía comercial (hipoclorito de sodio al 5.5%) en cantidad dependiente de los gramos de quiste que se haya colocado, y con fuerte aireación durante un periodo próximo a 4 o 5 minutos, donde el tiempo es subjetivo pues depende de la experiencia del técnico y la

calidad del quiste, se observa el cambio de coloración de un marrón a un anaranjado y teniendo el cuidado de tener pocos o ningún quiste blanco (membrana cuticular externa), si el tiempo es demasiado se corre el riesgo de “quemar el quiste” pues el cloro puede disolver la membrana embrionaria y matar al embrión.

Pasado el tiempo estimado se diluye la concentración del hipoclorito de sodio (lejía) adicionándole agua e inmediatamente se colecta los quistes descapsulados en una malla de 100 micras lavándose con abundante agua con poca presión (Fig.25), luego se coloca en recipientes tipo “carboys” (Fig. 26), para tal se usan garrafones de agua de 20 litros translucidos invertidos, habiéndoles cortado el fondo y sellados en el pico, la salinidad utilizada para la eclosión de los quistes de *Artemia* descapsulada fue de 25 UPS, La sal para este proceso es sal gruesa comercial sin adición de lodo, se adiciona 2 gramos de bicarbonato de sodio para aumentar el pH. La cantidad de quistes a ser colocado por carboy es de 1 a 3 gramos de quistes de *Artemia*/litro, esta cantidad garantiza una mejor eclosión.

Colocado en el carboy de eclosión con fuerte aireación, el proceso de eclosión se activa con luz, pues son los fotones que activan finalmente la enzima que inicia el proceso de división celular del embrión, para esto se coloca encima o lateralmente al carboy una lámpara fluorescente u otra fuente de iluminación, se estima que la cantidad de luz debe estar próximo de los 4000 lux.



Fig. 24 Forma de sombrilla y naupliu instar I recién nacido

Para la colecta de los nauplius de *Artemia sp.* se observa, primeramente, al microscopio, que la mayoría ya esté en nauplius instar I, lo que se consigue entre 16 a 18 horas, o dependiendo de la marca de *Artemia*, hasta en 24 horas, luego se retira la aireación y se deja decantar por aproximadamente 5 minutos, luego con una manguera fina por sifón se succionan los nauplius siendo recibidas en una tela de 100 micras, luego de retirados, los nauplius se lavan con abundante agua dulce (Fig. 27), este proceso se realiza con paciencia pues se retira las cascaras (membrana embrionaria) y las bacterias que han desarrollado durante la incubación, se coloca en un balde con agua de cultivo que contenga el equivalente a un litro por cada tanque de cultivo (Fig. 28), homogenizándose antes de distribuir a cada tanque de cultivo (Fig. 29).



Fig. 25 Descapsulación y lavado del quistes de *Artemia franciscana*



Fig. 26 Lavado y colocado a eclosionar en carboy



Fig. 27 colecta de nauplius después de 18 horas de incubación



Fig. 28 Lavado de nauplius y concentrados



Fig. 29. Alimentación con nauplius de *Artemia franciscana*

Las larvas en esas condiciones de alimentación con nauplius de *Artemia* y ración, se mantuvieron hasta la observación de las primeras pos-larvas en que se suprimió la alimentación con nauplius de *Artemia* y se continuó exclusivamente a alimentar con ración micronizada de 600 micras.

Como un complemento al alimento vivo para las larvas de camarón, se formuló un alimento en base a la composición proximal de la *Artemia*, composición del camarón y enzimas digestivas de crustáceos, como indicado anteriormente, este alimento es esencial pues complementa nutrientes a la dieta de las larvas. Es llamada de ración micronizada debido a que es

particulada micrométricamente en tamaño equivalente a aproximadamente 1/8 del tamaño de la larva.



Fig. 30. Mallas para fijarse las pos-larvas



Fig. 31. Primeras pos-larvas

La ración micronizada cumplió con los requisitos básicos para un alimento acuático, presentó buena estabilidad en el agua, las larvas consumieron bien mostrando que el alimento tenía atractivo y palatabilidad, los tamaños definidos se mostraron adecuados y su valor nutricional se consideró adecuado pues tuvo buena respuesta en el crecimiento y supervivencia de las larvas.



Tabla 3

Formulación del alimento inerte para larvas de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> (Materia seca)									
Ingredientes	%	pt	lip	CH	mineral	fibra	calcio	fosforo	ED
huevo de gallina	35.75	16.80	13.58	0.00	0.43	0.00	0.11	0.21	1072
harina de pescado primer	34.70	16.42	2.85	0.00	5.83	0.45	1.11	0.62	1215
proteina de soya (Soy protein)	18.96	15.17	0.09	0.57	0.95	0.95	0.00	0.00	398
Camaron fresco o molusco	5.11	2.36	0.65	0.00	0.07	0.00	0.23	0.04	143
huevera de camaron o pescado	5.11	2.07	1.17	0.00	0.05				179
aceite de higado de bacalao	0.25	0.00	0.25	0.00					20
betaina	0.06	0.06		0.00					0
premix	0.06			0.00					0
TOTAL	100	52.9	18.6	0.6	7.3	1.4	1.5	0.9	3027.0

De la formulación (tabla 3) se pasó a la preparación del alimento combinando insumos que generen un alimento con aproximadamente 53 % de proteína, 19 % de lípidos como máximo según indica la formulación, además de 0.5 % de colesterol según composición de la yema de huevo. Este alimento fue analizado para confirmar los cálculos formulados, siendo muy proximos.

Los insumos fueron mezclados en una licuadora doméstica colocándose primero los insumos húmedos, licuando y adicionando los insumos secos de poco a poco hasta formar una masa homogénea, luego es colocada en baño maría a fuego moderado, moviéndose continuamente hasta iniciar la aglutinación, luego se deja cocinar hasta secar lo suficiente para dar la apariencia de un suflé (Fig. 32) y al enfriar mantuvo una textura suficiente para ser cortado en lonjas finas y pasado por coladera de 1 mm y 0.5 mm, estas partículas son nuevamente tamizadas (Fig. 33) separándose 3 tamaños diferentes de aproximadamente 250 micras, 450 micras y 600 micras, denominada ración fresca micronizada, este alimento es conservado en refrigeración y tiene un tiempo de uso máximo de tres días.

El alimento en la práctica se resume a la siguiente receta:

6 huevos medianos de gallina

35 gramos camarones pelados o choros (*Aulacomya atar*)

40 gramos de huevera de camarón o pescado

2 ml de aceite de hígado de bacalao

60 gramos de harina de pescado tipo primer

30 gramos proteína de soya (alimento para deportistas Soy Protein®)

1 gramo de betaína

1 gramo de premix comercial para aves de inicio

Adicionar la mezcla líquida en la licuadora

Adicionar agua a criterio durante el proceso de mezcla en la licuadora para que no quede gruesa e interfiera en la buena homogenización, luego se pasó a un recipiente y se colocó en baño maría, durante el proceso de cocción se fue moviendo constantemente hasta engrosar en aproximadamente 15 minutos, se dejó cocinar hasta presentar una apariencia sólida incluso internamente, posteriormente se dejó enfriar y se cortó para ser tamizado en los tamaños que el desarrollo de las larvas exigía. Ración de 250 micras (zoea III a zoea VII), luego de 450 micras (zoea VIII a zoea X) y 600 micras (zoea X hasta pos-larva) equivalente a aproximadamente 1/8 del tamaño de la larva.

El alimento después de tamizado fue ofrecido a las larvas desde el quinto día de iniciado el cultivo, este alimento formulado fue el primer alimento que recibieron las larvas por la mañana, debido a la preferencia por la *Artemia*, así las larvas que pasaron la noche casi sin alimento, se alimentan vorazmente de la ración ofrecida, se definió como régimen nutricional iniciar la ración

micronizada al quinto día de sembradas las larvas cuando estas se encontraban en zoea III pasando a zoea IV, y fueron alimentadas a cada 2 horas hasta las 6 de la tarde, a partir del día doce (12) las larvas zoea se encontraban entre los estadios VII y VIII pasando a ser alimentadas de hora en hora, entre los intervalos de la alimentación, las partículas de alimento que decantan son movido para mantenerlos en la columna de agua a disposición de las larvas planctónicas, la forma de alimentar fue al cálculo de saturación, observando que las todas las larvas hayan capturado el alimento.

Luego de aproximadamente 22 días en que se observó mayor cantidad de pos-larvas, con características bentónicas, se colocaron mallas (Fig. 30 y Fig. 31) para que se posen las pos-larvas, entre 24 a 26 días en que se observó casi una totalidad de pos-larvas, se aisló el tanque del sistema de circulación colectiva y se desconectó el calentador para ir aclimatando a las condiciones de ambiente natural.

Paralelo a esto se preparó una piscina (6 x 1.2 x 0.5 metros) pintada internamente de color negro con pintura epóxica (taque de aclimatación) de volumen útil de 3000 litros, iniciando con 1000 litros de agua y salinidad de 9 UPS, se equilibró las condiciones físico-químicas entre el tanque de cultivo, a excepción de la salinidad, procediéndose a la cosecha de las pos-larvas (Fig. 34) bajándose el volumen del tanque de cultivo graduativamente a través una bomba sumergible de 3000 litros/hora colocada dentro de un tubo de 6 pulgadas de diámetro con aberturas laterales circulares de 1 pulgada y todo externamente cubiertas con malla de 800 micras; las pos-larvas se fueron colectando con una net (30 x 20 cm) de tela fina (red) luego retiradas de la net

con un colector-medida en el cual se contó cuantas unidades de pos-larvas entran en el colector-medida y se fue contabilizando la cantidad de medidas transferidas al tanque de aclimatación. Se uso como colector - medida de conteo una pieza confeccionada con un tubo de PVC de 1 pulgada de diámetro por media pulgada de ancho cerrado un lado con tela mosquitera pegada con cianoacrilato (TRIS®) y con un asa gruesa en un lado de alambre de cobre eléctrico forrado (Fig. 35). De la net de colecta se retiraron tres muestras con el colector - medidor, estas muestras fueron colocadas cada una en un balde con 15 litros



Fig. 32 Preparación del alimento en baño maría



Fig. 33 Preparación del alimento inerte y su micronizado

de agua proveniente de la piscina de aclimatación a 9 UPS, de cada balde se fue contando una a una las pos-larvas, se obtuvo el promedio para estimar la cantidad total cosechada (Fig. 36), la cantidad de muestras retiradas se multiplicó por el promedio obtenido del conteo obteniéndose la cantidad aproximada de pos-larvas cosechadas.



Fig. 34 Colecta de las pos-larvas en el tanque de cultivo



Fig. 35 concentración de pos-larvas y medidor con pos-larvas para conteo.

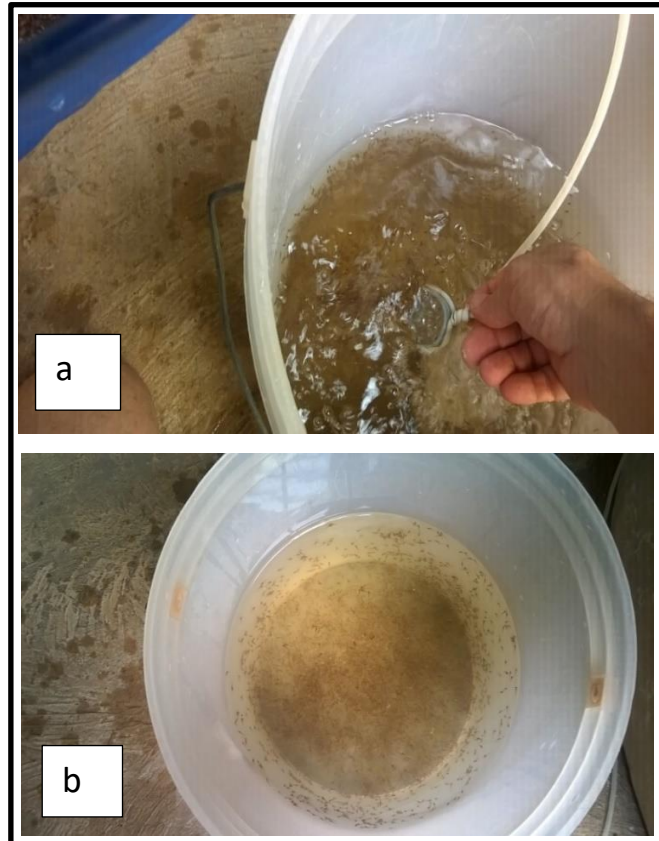


Fig. 36 a y b. Conteo de muestras en cosecha de pos-larvas

Luego después de la cosecha, toda el agua del tanque de cultivo fue transferido por bombeo y con el uso de un filtro de celulosa de 1 micra, al reservorio; procediéndose a la limpieza y desinfección del tanque cosechado, esto consistió en lavarlo inicialmente con agua potable a presión, luego limpieza con detergente neutro frotándose las paredes con una escoba de cerdas de nylon hasta retirar la suciedad pegada (Fig. 37), dejándose actuar el detergente por 5 minutos, se enjuago con abundante agua a presión, después se procedió a la desinfección con la adiciona 300 ml de lejía comercial (hipoclorito de sodio al 5.5 %) echándose por las paredes, y con la escoba de nylon se frotaba el cloro por todas las paredes y fondo dejándose actuar el desinfectante por 10 minutos, posteriormente se enjuagó bien y se coloca el tanque en su lugar,

llenándose con agua de cultivo que pasó, previamente por un filtro de una (1) micra, se cubrió con un plástico y queda aguardando para el próximo cultivo.



Fig.37. Limpieza de los tanques de cultivo larval.

La sala de aclimatación y fortalecimiento de pos-larvas tiene un área de 72 m<sup>2</sup>, acondicionadas con 4 piscinas con volumen útil de 3000 litros cada una, cada piscina está conformada por un sistema de aireación con aire proveniente de un blower de 1 (un) Hp (750 watts) y un sistema de bombeamiento dentro de un sistema de un tubo de 6 pulgadas con ventanas cubiertas con malla para que entre el agua y retenga a las pos-larvas, la bomba conectada por tubería de ½ pulgada a un filtro de cartucho de celulosa de 1 micra, que permiten la recirculación del agua.

Las pos-larvas fueron sembradas (Fig. 38) en la primera piscina a una salinidad de 9 UPS, cinco unidades por debajo de la salinidad de cultivo larval, en un volumen de 1000 litros inicialmente, en esta piscina se inició la aclimatación a agua dulce, las pos-larvas fueron colocadas inicialmente en una densidades de 60 pos-larvas/litro y aclimatándose durante 4 horas, luego se inició la entrada de agua dulce a un caudal de 2 litros/minuto de manera que en

24 horas se llenara la piscina a los 3000 litros en su volumen total, verificándose la salinidad en 2 UPS, después de ese tiempo se bajó el tanques nuevamente a 1000 litros y se inició la entrada de agua al mismo caudal, luego de las 24 horas, la salinidad se encontraba en cero (0), pasándose a evaluar la conductividad que se encontraba en 1100 micro Siemens, así se volvió a bajar el volumen a 1000 litros y a subir el nivel manteniendo el mismo caudal, 24 horas después la conductividad ya se encontraba en 450 micro Siemens, próximo al del agua de las pozas de engorde y pre cría en el campo (280 micro Siemens), en estas condiciones fueron transferidas las pos-larvas a las jaulas de pre cría considerándose aclimatadas.

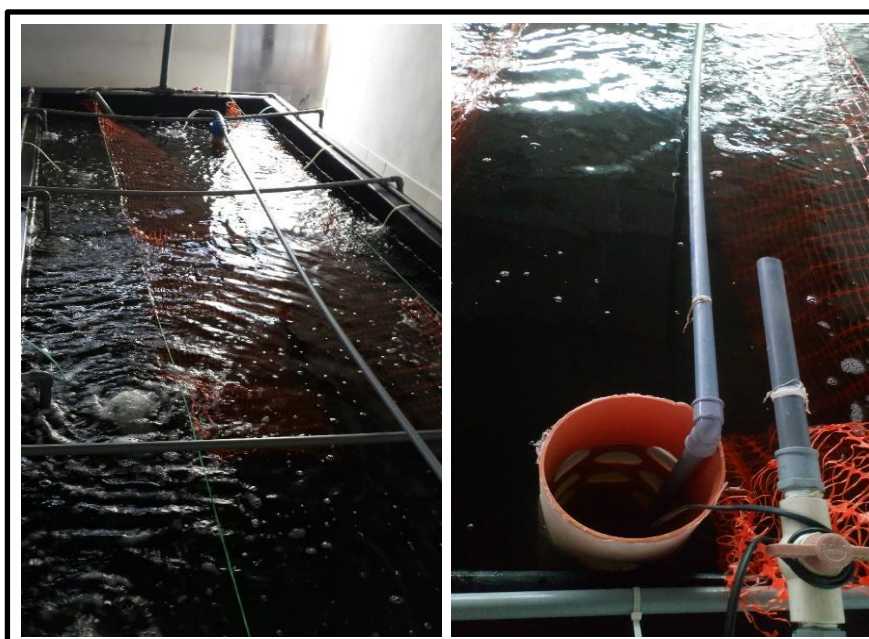


Fig. 38 Piscinas de aclimatación muestra del sistema de circulación

Durante el cultivo larval se aplicó como rutina diaria labores de limpieza en los bordes de los tanques, mangueras de aireación, telas filtro del interior de los tanques, filtros mecánicos (Fig. 39) del filtro biológico y también de todo el sector en general, también en la mañana como primera actividad se retiró



mecánicamente las mudas que aparecen flotando en el agua, luego se procede a la primera alimentación del día sea con ración fresca micronizada a partir del quinto día de cultivo, o con nauplius de *Artemia* a partir de segundo día de iniciado el cultivo.

El sistema RAS (recirculation acuaculture system) instalado permite que el agua de los tanques se filtre por mallas que deja pasar el agua (Fig. 40) y llegue por "ar life" a los filtros biológicos, de allí por bombeo el agua pasa por tuberías de ½ pulgada llegando a un tanque final que recibe el agua de todos los tanques de cultivo, este tanque está conectado a una torre de espuma o skimmer que retira las partículas aminadas por aireación fuerte, formando espuma la cual es retirada, el agua de ese tanque pasa por un esterilizador UVc que reduce la carga bacteriana del sistema, en ese último tanque también se encuentran conectados dos (2) filtros biológicos de apoyo; el agua tratada de ese tanque retorna a todos los tanques de cultivo con la ayuda de dos (2) bombas sumergibles de 2800 litros/hora llevando el agua por tubería de 1 ½ pulgadas reduciéndose en la entrada de los tanques a ½ pulgada.



Fig. 39 Filtro mecánico



Fig. 40. Filtro interno de los tanques de cultivo con pos-larvas

El filtro mecánico (perlón o algodón de fibra sintética), que se coloca en bateas encima del filtro biológico, retienen las partículas mayores como restos de alimento, muda, larvas muertas y heces, este perlón es retirado diariamente y dependiendo del caso hasta 2 o 3 veces por día, y cambiado por otros limpios, los perlonés sucios, luego de cambiados, son lavados con agua a presión y colocados a desinfectar en baldes con 20 ppm de cloro activo por 6 horas luego llevados a secar para ser reutilizados al día siguiente.

Para el control de calidad en la producción, así como para análisis presuntivos, las larvas fueron evaluadas diariamente, siendo observadas visualmente y al microscopio.

Las observaciones visuales consisten en ver la coloración del cuerpo y de los ojos, natación, captura de alimento, mudas en los tanques y presencia de heces.

Otra observación visual importante que se realizó es en la noche, con la luz totalmente apagada y en un oscuro total para observar los tanques con la intención de descartar la presencia de bioluminiscencia, esta presencia se debe a larvas con septicemia producto de una infección bacteriana, también es

importante notar que no haya partículas en suspensión color rojo ladrillo o rojizas en el tanque, pues indica la presencia de *Pseudomonas sp.*, esta bacteria excreta una toxina proveniente de su metabolismo que causa irritación en el tracto digestivo de las larvas impidiendo la asimilación del alimento consumido, la mejor manera de eliminar esta bacteria es con sifoneos continuos retirando las partículas infectadas y manteniendo el UVc conectado todo el tiempo.

La observación microscópica (Fig. 41) se realizó diariamente, evaluándose la relación tiempo con estadio larval, la condición del hepatopáncreas, cantidad de alimento en el intestino, movimiento peristáltico, cantidad de hemocitos circulantes, coloración de los cromatóforos, presencia de ectoparásitos y necrosis de tejido.

El hepatopáncreas fue observado en relación con su volumen y presencia de vacuolas de reserva, los hemocitos que son las células sanguíneas llamados de granulocitos son de diferentes tipos, sus presencias abundantes indican que hay alguna situación anormal en el organismo, como una inflamación, infección o puede ser simplemente por efecto de una muda reciente.

Los cromatóforos son fundamentales para definir las condiciones de las larvas, su coloración normal es rojizo oscuro y su formato es disperso con ramificaciones bien marcadas del pigmento, esto indica que las larvas se encuentran bien, la retracción y cambio de coloración a un azulado indica que algo está estresando a las larvas.



Fig. 41 Evaluación microscópica de la calidad de larva

Luego después de la metamorfosis las pos-larvas fueron evaluadas en relación con su calidad lo que incluye homogeneidad de tamaños, ausencia de epibiontes y necrosis, hepatopáncreas vacuolado, movimiento peristáltico en el intestino, nado sincronizado, entran a la aclimatación con aproximadamente 0.01 gramos y 0.8 cm de longitud .

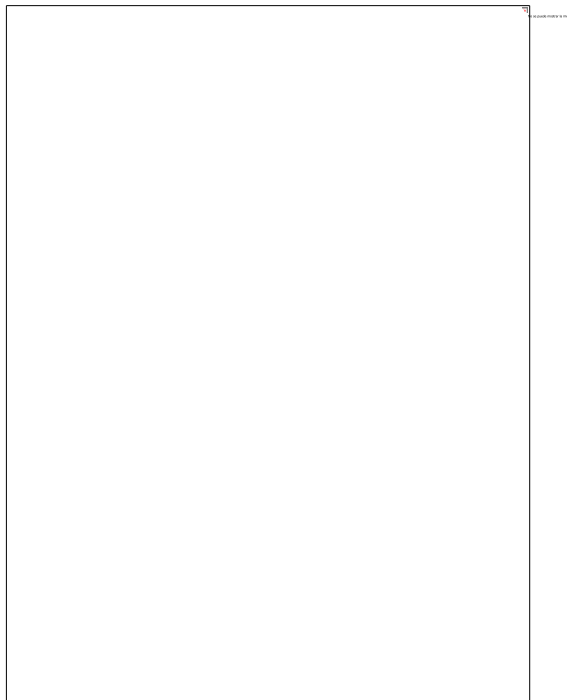


Fig. 42. Sifoneo de material decantado en el tanque de cultivo

Aclimatadas y fortalecidas (Fig. 43) las pos-larvas, se prepara para la cosecha y siembra en el sector de pre cría, verificándose que la conductividad este próxima al agua del estanque donde están las jaula de pre cría, es decir el agua dulce debe estar casi igual en cantidad y calidad iónica, también se verifica la temperatura, alcalinidad, el oxígeno y el pH comparándose los parámetros y haciendo los ajustes necesarios si fuera el caso, se confirma que las pos-larvas no estén en muda y que estén en adecuadas condiciones, es decir integras, con nado sincronizado, intestino con movimiento peristáltico, hepatopáncreas vacuolado y lleno.

Visto los parámetros físicos, químicos y biológicos adecuados se procede a la cosecha de pos-larvas de las piscinas de aclimatación para transferirlas a las jaulas de pre cría (Fig. 44) mediante captura con net, escurriendo al máximo el agua sacudiéndose unas tres veces, se saca una muestra con una cuchara-muestra fabricada de tubo de PVC de 1" x 1/2" de alto cerrada en su base con malla, esta muestra se cuenta y se repite por hasta 3 veces, sacándose un promedio, se calcula la cantidad de pos-larvas que irán a cada jaula de pre cría, y dependiendo de la distancia de las pozas de engorde se colocaron de 4000 a 6000 pos-larvas por balde en un volumen de agua con 12 litros, las pos-larvas salen de la aclimatación con 0,08 gramos y 1.4 cm de longitud.

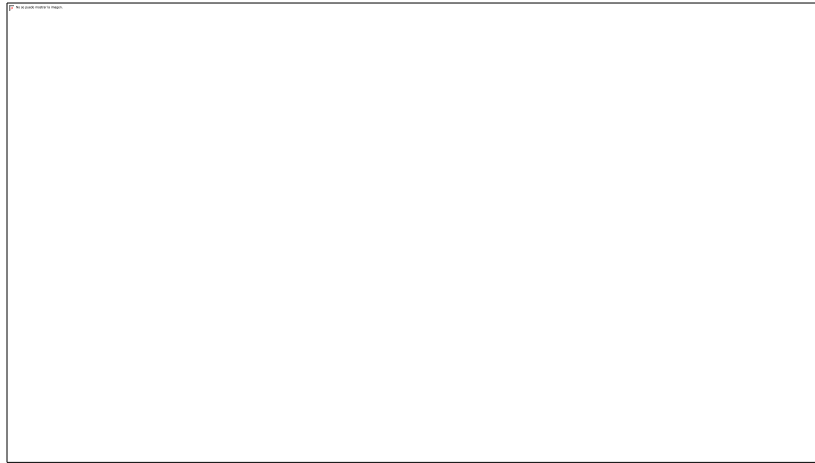


Fig. 43. Piscinas de aclimatacion y fortalecimiento.

Los baldes con las pos larvas son inmediatamente llevados a las jaulas redes (hapas), antes de soltarlas se realiza una aclimatacion rapida echando agua de la pre cria a los baldes y se va soltando lentamente las pos-larvas dentro del agua observandose que salgan nadando solas y se vayan al fondo.

Las jaulas redes de pre cria son de 13 mts de largo por 2 mts de ancho 1 mt de altura en estas jaulas las pos larvas pasan entre 25 a 30 dias donde llegan a un peso de 0.3 a 0.5 gramos y a 2.5 a 3 cm de longitud, de alli son transferidos a las pozas o estanques de engorde.

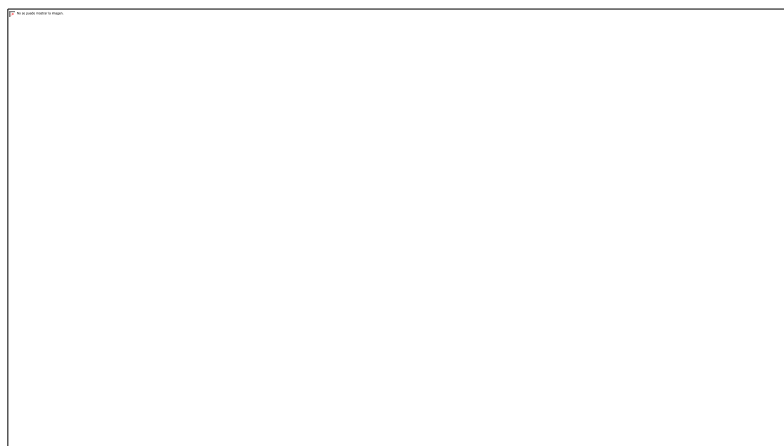


Fig. 44 Jaulas (hapas) de pre-cría.

Se llevo a cabo análisis estadísticos descriptivos y para los experimentos definidos, análisis de variancia, en este ANOVA cuando detectado diferencias estadísticas significativas, se aplicó una prueba de contraste de medias según intervalos de confianza con nivel de significancia de 95 % a fin de identificar las diferencias.

Los análisis estadísticos fueron realizados con ayuda del programa estadístico Multitab 2016.

Las supervivencias se definieron por simple comparación entre las diferentes densidades, la eficiencia del filtro biológico donde se calculó el balance de masas que permitió definir el mejor caudal para la eficiencia del sistema RAS, y a partir de los análisis químicos colorimétricos de agua de cultivo a través de la filtración biológica, se definió las curvas de concentración del amonio, nitrito y nitrato verificándose la activación del sistema.

En las pruebas de efecto de densidades con tiempo y supervivencia se aplicó un ANOVA para ver la dependencia de estos valores con las diferentes densidades para demostrar que efectivamente puede haber influencia en el cultivo, para los efectos de los minerales magnesio, calcio y potasio en la supervivencia se realizaron gráficos para visualizar los resultados y se utilizó un análisis de variancia (ANOVA) y la prueba de medias cuando los tratamientos fueron significativos.

En este trabajo se propuso evaluar el efecto de la densidad (80, 100 y 120 larvas/litro) con la variación de la concentración iónica (calcio, magnesio, potasio) del agua de mezcla preparada con sales de agua de mar sintética y la

supervivencia en porcentaje definiendo un modelo ANOVA con 9 repeticiones para cada tratamiento, haciendo un total de 27 unidades experimentales.

Las variables respuestas fueron las supervivencias en las 3 densidades por los niveles de carga iónica (Calcio, Magnesio y Potasio) en las diferentes densidades de larvas (80, 100 y 120 larvas/litro).

### **G.- ASPECTOS ETICOS**

El presente trabajo se basa en los principios del Welfare donde el respecto al organismo de cultivo es prioritario, evitando hacer sufrir o dañar a los organismos. Por otro lado, los cultivos de camarón no afectan al medio ambiente pues su reproducción se da exclusivamente en laboratorio por la necesidad del agua de mar en su producción, así no causa ningún perjuicio a las especies nativas amazónicas y en general a la biodiversidad nativa.

## **RESULTADOS**

Terminado el proceso de cultivo larval donde se evaluó diferentes manejos en relación con la química del agua, densidades de cultivo y nutrición con la finalidad de obtener un protocolo adecuado para la producción de semillas del camarón tropical *Macrobrachium rosenbergii*, se obtuvo los siguientes resultados:

El sistema de cultivo definido con las siglas RAS (Recirculation aquaculture system) o sistema de recirculación en acuicultura, utilizando agua



de mar sintética por razones estratégicas de localización, tuvo como objetivo transformar por acción bacteriana el amonio excretado por las larvas a nitrato, y se observó que el balance de masas, calculados en un software, que el valor máximo de caudal adecuado para que el sistema sea eficiente, tenía su limitante en el anhídrido carbónico, es decir cumplía con un caudal adecuado para la oxigenación, para la actividad bacteriana y para retener los materiales en suspensión, sin embargo el ajuste tuvo que ser realizado para que el caudal también pueda procesar la eliminación del CO<sub>2</sub>. La tabla 4 resume los cálculos del balance de masas para definir el caudal requerido

Considerándose una eficiencia del sistema en promedio del 70 % para una población máxima de 80 mil pos-larvas de 0.01 g lo que hace una biomasa total de 800 gramos a una temperatura promedio de 29 grados centígrados, una altura de 240 msnm que es la ciudad de Tarapoto, y alimento de 200 gramos/día como máximo, referente al 25% de la biomasa.

Tabla 4.

Cálculo de flujos para el sistema RAS aplicado

Caudales para tratamiento (Q):

Caudal (Q) para	Sólidos Totales P/(C1-C2)			
	6666.666667 L/día	1.2232 gal/min		<b>4.63 l/min</b>
Caudal (Q) para	Nitrógeno Amoniacal Total P/(C1-C2)			
	10835.555556 L/día	1.9880 gal/min		<b>7.52 l/min</b>
Caudal (Q) para	Oxígeno P/(C1-C2)			
	-78027.15255 L/día	-14.315 gal/min		<b>-54.19 l/min</b>
Caudal (Q) para	Anhídrido Carbónico P/(C1-C2)			
	12964.28571 L/día	2.3786 gal/min		<b>9.00 l/min</b>

Los datos de la tala 4 indican que el caudal de 9 litros/minuto (para CO<sub>2</sub>) son suficientes para que el sistema funcione adecuadamente, el valor negativo del oxígeno indica que el caudal es más que suficiente para el sistema, así en el sistema RAS implantado, para la circulación del flujo de agua se instalaron dos bombas sumergibles de 2800 litros/hora, que para los 9 tanques o unidades experimentales dio un caudal de 11 litros/minuto cubriendo efectivamente las necesidades del sistema en relación con su eficiencia de instalación y funcionamiento.

En la práctica con base en análisis químicos del nivel de amonio y nitrito, se definió que 7 kg de cerámica para cada 100,000 larvas iniciales y 80,000 pos-larvas finales consigue ser sustrato suficiente para mantener una comunidad de bacterias nitrificantes adecuadas que permiten tener bajas las concentraciones de amonio y nitritos nocivos y que, en conjunto con el flujo determinado en el balance de masas, permitieron un mantenimiento adecuado de todo el sistema.

En la figura 45 se observa la evolución de los compuestos nitrogenados en los filtros biológicos implementados mostrando una estabilización total con aproximadamente 27 días activándose exclusivamente con el amonio excretado por las larvas en cultivo, notase que el nitrato va en aumento como consecuencia de la nitrificación, en los análisis se encontró niveles de 120 ppm de nitrato sin causar efecto negativo en las larvas.

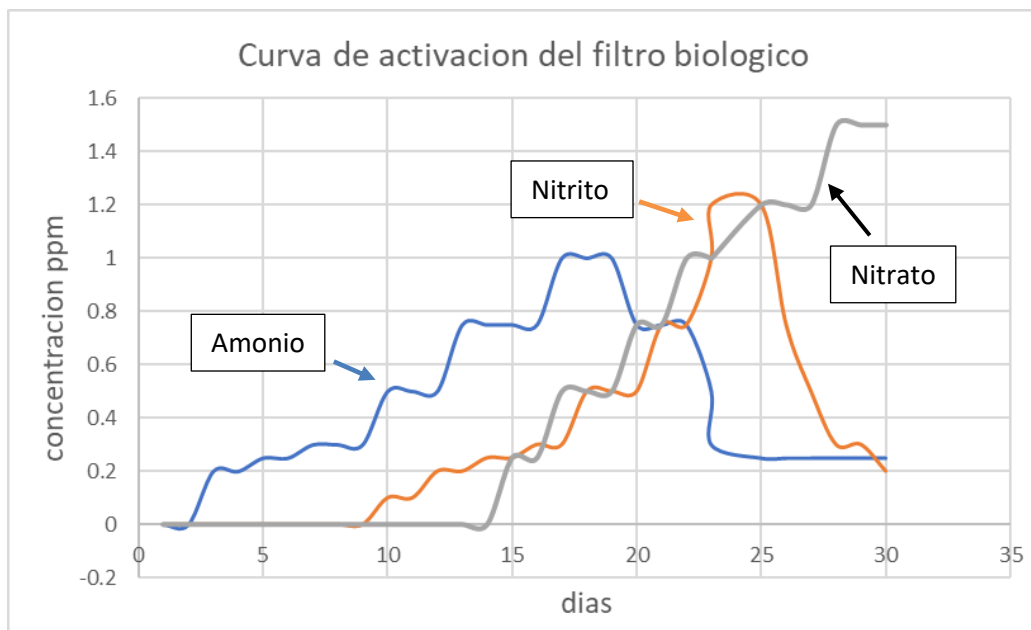


Fig. 45. Estabilización de los filtros biológicos

Los cultivos larvales fueron desarrollados durante 10 meses permitiendo hacer las repeticiones necesarias siendo realizados 9 (nueve) cultivos larvales de 9 (nueve) tanques cada uno, durante estos cultivos se mantuvo constante la salinidad a 14 UPS (+- 1) y la temperatura en general a 29 (+-1) grados centígrados, evaluándose los parámetros químicos del agua y sus variaciones en el tiempo, tanto dentro de los cultivos como entre los cultivos.

Luego de la estabilización de los filtros biológicos se evaluaron los parámetros durante los cultivos para cada densidad propuesta, como muestra la siguiente tabla (tabla 5):

Tabla 5.

Evaluación de los parámetros Fisicoquímicos del agua y productividad del cultivo

	Cultivo 80 larvas/l			Cultivo 100 larvas/l			Cultivo 120 larvas/l		
repeticiones	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	3 veces	3 veces	3 veces	3 veces	3 veces	3 veces	3 veces	3 veces	3 veces
Amonio	0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	0.25	0.25	0.3	0.3
Nitrito	0.2	0.25	0.25	0.2	0.25	0.25	0.3	0.25	0.3
Nitrato	2	5	10	2	5	10	2	5	10
Fosfato	0.2	0.5	1.2	0.2	0.5	1.2	0.2	0.5	1.2
Alcalinidad	92	92	85	92	85	72	92	72	60
pH	8.2	8.2	8.0	8.2	8.2	8.0	8.2	7.8	7.8
Calcio	220	200	180	220	200	180	220	180	160
Magnesio	650	600	600	650	600	580	650	580	480
Potasio	180	180	160	180	160	160	180	160	150
Supervive %	68	70	66	68	66	67	60	54	52
Población Final miles	54.4	56	52.8	68	66	67	72	64.8	62.4
Tiempo Días cultivo	24	24	23	24	25	24	27	26	29

Los resultados obtenidos (tabla 5) fueron llevados a varios análisis de varianza (ANOVA) para definir si los tratamientos tenían resultados iguales o diferentes en las combinaciones de densidad poblacional, tiempo de cultivo y supervivencia de modo que se pudo definir cuál de los tratamientos era el más adecuado para el cultivo, así mismo se evaluó la supervivencia final en relación con las variaciones de Calcio, Magnesio y Potasio en las diferentes densidades con la intención de determinar la mejor relación entre ellos para un cultivo larval.

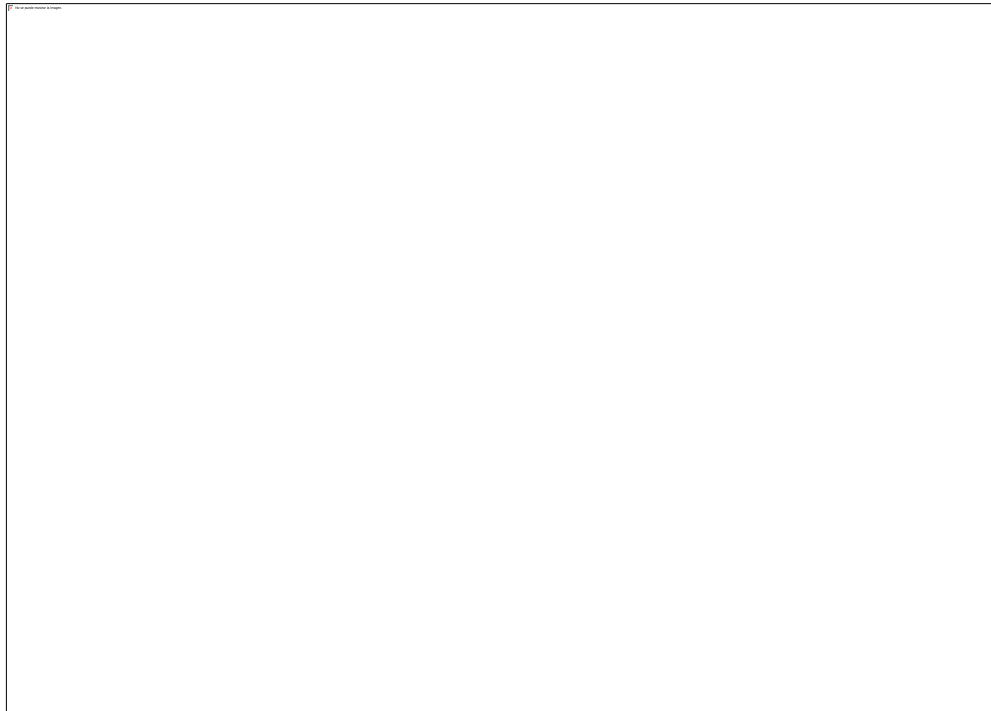


Fig. 46. Supervivencia comparada de tres (3) densidades de cultivo larval y su relación con los estadios larvales.

En La figura 46 se observa la supervivencia y los picos negativos de mortalidad en las tres densidades poblacionales experimentales relacionados con los estadios larvales, lo que coincide con cambios morfológicos y fisiológicos muy acentuados en el organismo, la supervivencia para cada dato se realizó mediante conteos a cada 3 días con tres muestras de un litro/tanque obteniéndose el promedio y multiplicado por 1000 litros del volumen útil del tanque, obsérvese que del día 19 al día 24, 25 y 28 no hubieron conteos, esto debido a que entre el día 18 y 19 comenzó la metamorfosis de larvas a pos-larvas siendo que estas últimas son bentónicas y más resistentes a la corriente de agua, así la homogenización no era eficiente pudiendo haber caído en

errores, siendo así, el último conteo fue en el momento de la cosecha del tanque.



Fig.47. Porcentaje de supervivencia de tres (3) densidades poblacionales con el promedio de 3 repeticiones

Las supervivencias de las larvas usando agua de primer uso, es decir, agua nueva, muestra que la mayor densidad poblacional presenta mayor supervivencia, sin embargo, a la reducción por consumo de minerales en el agua en los cultivos posteriores, las siguientes supervivencias se reducen drásticamente (Fig. 47 y 48) siendo el magnesio y el calcio los que más rápido se consumen.

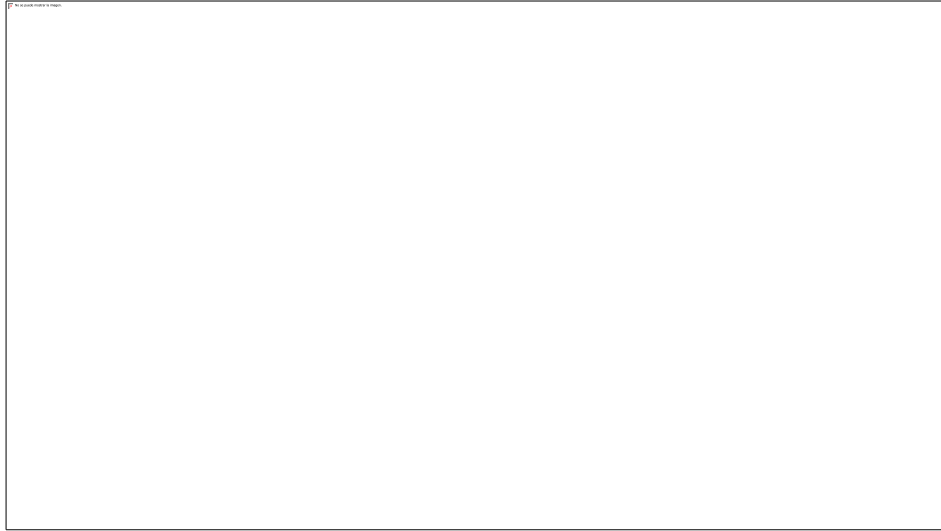


Fig. 48. Relación de los principales iones con la densidad poblacional

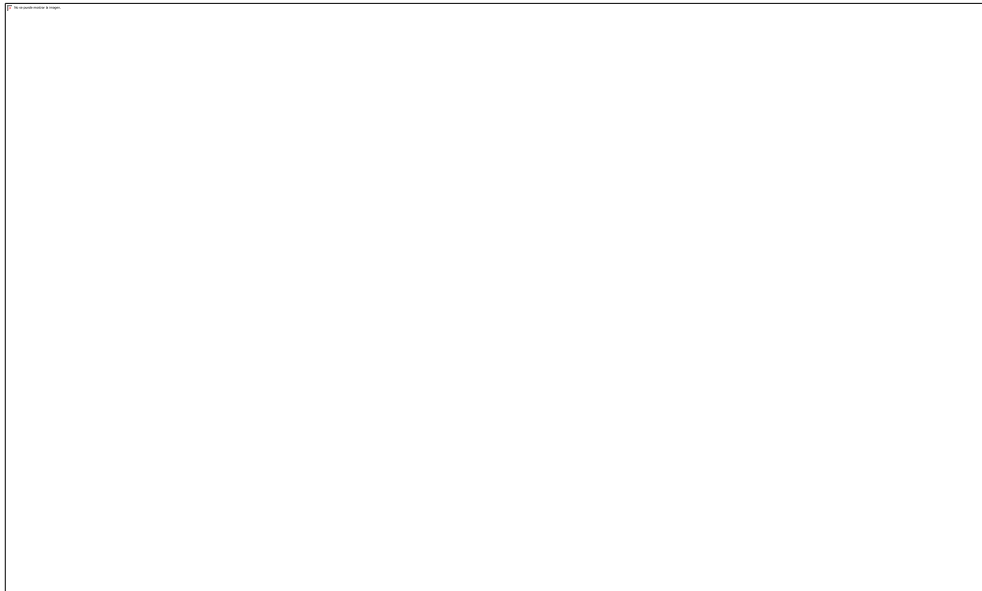


Fig. 49. Variación de las principales cargas iónicas en el cultivo larval y su relación con la supervivencia.

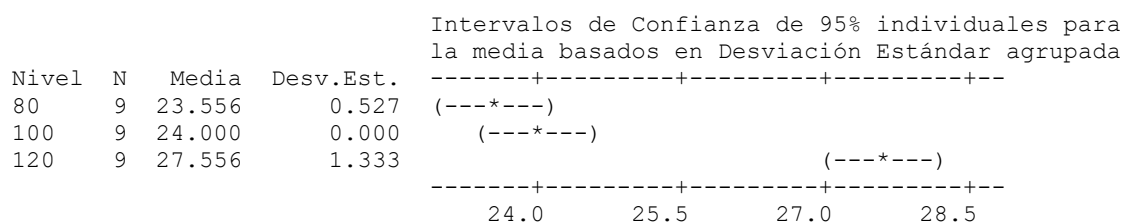
En la figura 49 se relaciona los iones evaluados con la supervivencia donde se observa que por debajo de 600 ppm de magnesio y 200 ppm de calcio la supervivencia disminuye, esta relación directa está ligada a la densidad poblacional, siendo que a mayor población mayor consumo de minerales del agua llegando a limitar la población a la concentración de minerales.

En el análisis estadístico donde se evalúan las variables dependientes de la densidad que son tiempo de cultivo, supervivencia en porcentaje y su expresión en cantidad de larvas cosechadas; se plantea la hipótesis nula de que las densidades larvales no afecta en el tiempo de cultivo ni en la supervivencia de las larvas. Así el ANOVA indica que efectivamente las densidades influyen en el tiempo de cultivo y en la supervivencia de las larvas aceptándose la hipótesis de que hay diferencia entre los tratamientos con menos del 0.05 % de probabilidad

**ANOVA de la influencia de las densidades de 80 larvas/litro, 100 larvas/litro y 120 larvas/litro en el tiempo de cultivo**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	86.519	43.259	63.14	0.000
Error	24	16.444	0.685		
Total	26	102.963			

S = 0.8278    R-cuad. = 84.03%    R-cuad. (ajustado) = 82.70%



Desviación Estándar agrupada = 0.828

**Fig. 50. ANOVA de densidades y efecto en el tiempo de cultivo**

Al observar la separación de medias notamos que efectivamente la densidad influye en el tiempo de cultivo siendo que las densidades de 80 y 100 larvas/litro no se diferencian y se obtiene un menor tiempo de cultivo lo que es importante en la economía y eficiencia productiva.

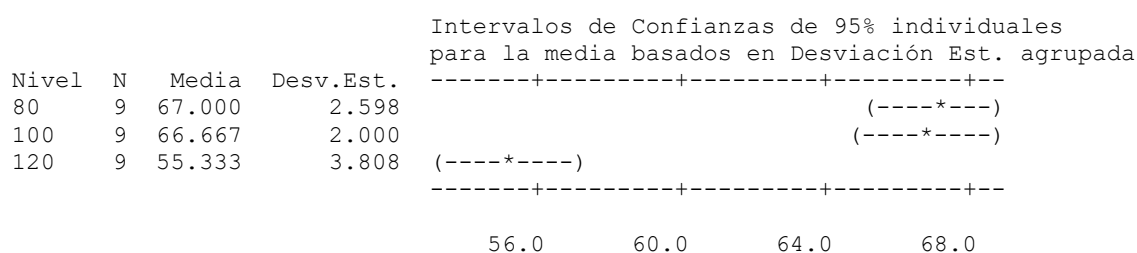


En el análisis del efecto de la densidad en la supervivencia del cultivo donde la hipótesis nula era que las densidades no afectan la supervivencia, se realizó otro ANOVA en donde también se encontró diferencias significativas mostrando que las densidades si influyen en la supervivencia con probabilidad menor de 0.05% descartándose la hipótesis nula, siendo que a mayor densidad la supervivencia es menor, el análisis de medias indica que en las densidades de 80 y 100 larvas/litro la supervivencia es mayor estadísticamente, estas informaciones permitirán definir la densidad adecuada del cultivo sin embargo se hace necesario evaluar la cantidad de larvas producidas y el efecto de la densidad en estas.

**ANOVA de la influencia de las densidades de 80 larvas/litro, 100 larvas/litro y 120 larvas/litro en la supervivencia de cultivo**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	794.00	397.00	47.17	0.000
Error	24	202.00	8.42		
Total	26	996.00			

S = 2.901    R-cuad. = 79.72%    R-cuad.(ajustado) = 78.03%



Desviación Estándar. agrupada = 2.901

**Fig. 51. ANOVA de densidades y su efecto en la supervivencia**

Así, para ver si existe diferencias significativas en una hipótesis nula que considera que las densidades no afectan en la productividad larval, se pasó al ANOVA, observándose que efectivamente si hay diferencias en los

tratamientos a 0.05% de probabilidad donde se observa que a mayor densidad larval hay mayor producción de pos-larvas, siendo las densidades de 100 y 120 larvas/litro las que mejor productividad ofrecen al cultivo. Estos resultados permitirán definir las mejores densidades de cultivo en el menor tiempo posible facilitando los manejos y permitiendo definir un adecuado protocolo de cultivo como se propuso en los objetivos.

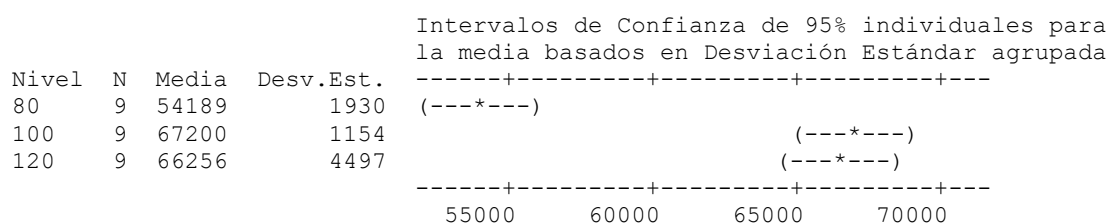
Otro dato que debe resaltarse es el efecto del agua de mar artificial en sus principales cargas iónicas, en la cantidad de larvas producidas y si existe efecto también en las densidades poblacionales.

#### ANOVA de la influencia de las densidades de 80 larvas/litro, 100 larvas/litro y 120 larvas/litro en la cantidad de larvas producidas en el cultivo

---

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	947356296	473678148	56.21	0.000
Error	24	202251111	8427130		
Total	26	1149607407			

S = 2903    R-cuad. = 82.41%    R-cuad.(ajustado) = 80.94%



Desviación Estándar agrupada = 2903

---

Fig. 52. ANOVA de densidades y efecto en la cantidad de pos-larvas

Las concentraciones de los principales iones en el agua van reduciéndose conforme se van desarrollando los cultivos larvales mostrando que las larvas incorporan dichos minerales a su organismo para fines metabólicos, sirviendo como cofactores en activaciones enzimáticas, en la

osmorregulación, en metabolismo muscular, formación y enrijecimiento del exoesqueleto, metabolismo de proteínas y carbohidratos, etc., se ha observado en penaeidae que su deficiencia lleva a la muerte en juveniles (Álvarez 2017, Espinoza et al, 2016).

El análisis ANOVA permitirá ver la influencia de la densidad poblacional en la concentración como sumatoria de los principales iones, así la hipótesis nula indicaría que la densidad no afecta la concentración de estos minerales en el cultivo, para verificar estadísticamente esta hipótesis se realizó el siguiente ANOVA

**ANOVA de la influencia de las densidades de 80 larvas/litro, 100 larvas/litro y 120 larvas/litro en la carga iónica de Mg, Ca y K**

---

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	24867	12433	2.04	0.153
Error	24	146600	6108		
Total	26	171467			

S = 78.16    R-cuad. = 14.50%    R-cuad. (ajustado) = 7.38%

				ICs de 95% individuales para la media basados en Desviación Estándar agrupada	
Nivel	N	Media	Desv.Est.	-----+-----+-----+-----+---	
80	9	990.0	48.2	(-----*-----)	
100	9	976.7	57.7	(-----*-----)	
120	9	920.0	112.6	(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----+---	

---

**Fig. 53. ANOVA de densidades y efecto en las cargas iónicas**

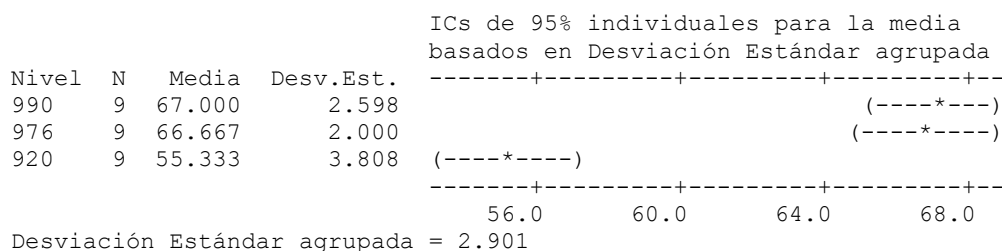
Al observarse que no hay diferencia significativa, se acepta la hipótesis nula donde las densidades poblacionales no tienen efecto aparente en la concentración de magnesio, calcio y potasio, sin embargo hay una tendencia de que en las dos densidades menores estos minerales tengan mayor efecto relativo en la supervivencia, así para verificar estas informaciones se realizó un análisis para ver el efecto de las concentraciones de estos minerales en la supervivencia y la población final de pos-larvas, siendo:

**ANOVA del efecto de la sumatoria de las cargas iónicas Mg, Ca y K en la supervivencia de las larvas en diferentes densidades**

---

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	794.00	397.00	47.17	0.000
Error	24	202.00	8.42		
Total	26	996.00			

S = 2.901    R-cuad. = 79.72%    R-cuad.(ajustado) = 78.03%



**Fig. 54. ANOVA de cargas iónicas y su efecto en las densidades**

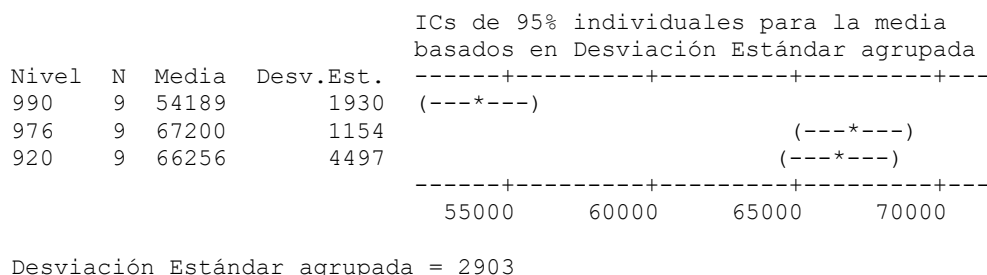
En efecto, se observa que hay diferencia entre los tratamientos indicando que la supervivencia está influenciada por la concentración de cargas iónicas siendo que la supervivencia de las poblaciones de 80 y 100 larvas/litro sí son influenciadas por las cargas iónicas, por otro lado, los resultados del ANOVA en relación con la influencia de los iones magnesio, calcio y potasio en la productividad de pos-larvas, observamos:

**ANOVA del efecto de la sumatoria de las cargas iónicas Mg, Ca y K en la supervivencia de las larvas en diferentes densidades**

---

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	947356296	473678148	56.21	0.000
Error	24	202251111	8427130		
Total	26	1149607407			

S = 2903    R-cuad. = 82.41%    R-cuad.(ajustado) = 80.94%



**Fig. 55. ANOVA de las cargas iónicas y su efecto en la supervivencia**

Hay diferencia significativa entre los tratamientos en el efecto de los minerales en la productividad siendo que el efecto es similar para las poblaciones de 100 y 120 larvas/litro.

De estas informaciones como resultados puede deducirse que los minerales tienen efecto en la productividad y supervivencia, sin embargo, por estrategia productiva se define como adecuado la densidad de 100 larvas/litro lo que reduce el tiempo de cultivo y presenta una productividad adecuada.

El cultivo larval llevó un tiempo promedio de 26 días entre las 3 pruebas de densidad poblacional, este tiempo dependiendo de la temperatura, nutrición o calidad de agua y podría llegar a 30 días en los periodos más fríos, durante el experimento se observó que las larvas pasaron por los 11 (once) estadios larvales de zoea (Fig. 45) (New, 2002), siendo que cada estadio es morfológicamente diferente de otra y se acompañó cronológicamente su desarrollo para cada estadio en las condiciones de cultivo realizadas (Tabla 6).

Las primeras zoeas se mostraron muy frágiles y presentan una biomasa muy pequeña, así el manejo de los primeros cinco (5) días fue crucial al desarrollo del cultivo, se esperó a que las larvas lleguen a los estadios de zoea III y IV para poder integrar el tanque de cultivo al sistema hidráulico de circulación, hasta antes, el tanque se mantuvo desconectado del filtro biológico, observándose una baja producción de amonio sin efecto en las larvas. Al alimentarse las larvas inicialmente de su vitelo, permitió el tiempo necesario para preparar la alimentación viva con la cual se mantuvo inicialmente los 5 primeros días, el resultado de esta alimentación con nauplius de *Artemia franciscana* viva en Instar I, fue como un complemento inicial al vitelo,

posteriormente la *Artemia* pasó a ser el alimento principal, al quinto día recién se inicia la alimentación con ración inerte micronizada, este tipo de manejo permitió un desarrollo adecuado de las larvas durante los experimentos.

Como resultado de integrar a partir del quinto día el tanque al biofiltro y de allí al sistema de cultivo con una malla de 250 micras que llevaba el agua del tanque de cultivo por medio de "ar - life" hacia el filtro biológico, el cultivo paso a ser eficiente, pues en pruebas piloto las larvas de uno a tres días de vida eran succionadas por la presión a la malla. Al llegar a zoea VI a VIII con 10 a 12 días, se cambió el filtro interno por otro con malla de 450 micras, comprobándose que las larvas no pasan, esta malla se mantuvo hasta llegar a zoea X con aproximadamente 18 días y en adelante se les mantuvo con una malla filtro de 600 micras para dejar pasar las partículas que se disocian del alimento y otros materiales en suspensión, de esta forma este manejo permitió mantener limpia el agua durante el cultivo.

Las mallas filtro que se utilizan fueron obtenidas en el mercado textil local, fueron del tipo tul de fácil adquisición, su precio y facilidad de obtenerlas permitió evitar importar las telas especiales tipo nital importadas, aunque el tiempo de vida de los tules es en promedio de 6 meses estas son fácilmente recambiadas, pues para adherirlas al tubo de PVC se usó el pegamento cianoacrilato conocido comercialmente como Triz®.

Después de pasar por XI (11) estadios larvales de zoea se inicia la metamorfosis a pos-larvas las que se caracterizan por ser bentónicos ocupando las superficies laterales y el fondo.

Las observaciones microscópicas del desarrollo larval se muestran a continuación, cada uno morfológicamente diferente del otro y su cronología en el desarrollo.

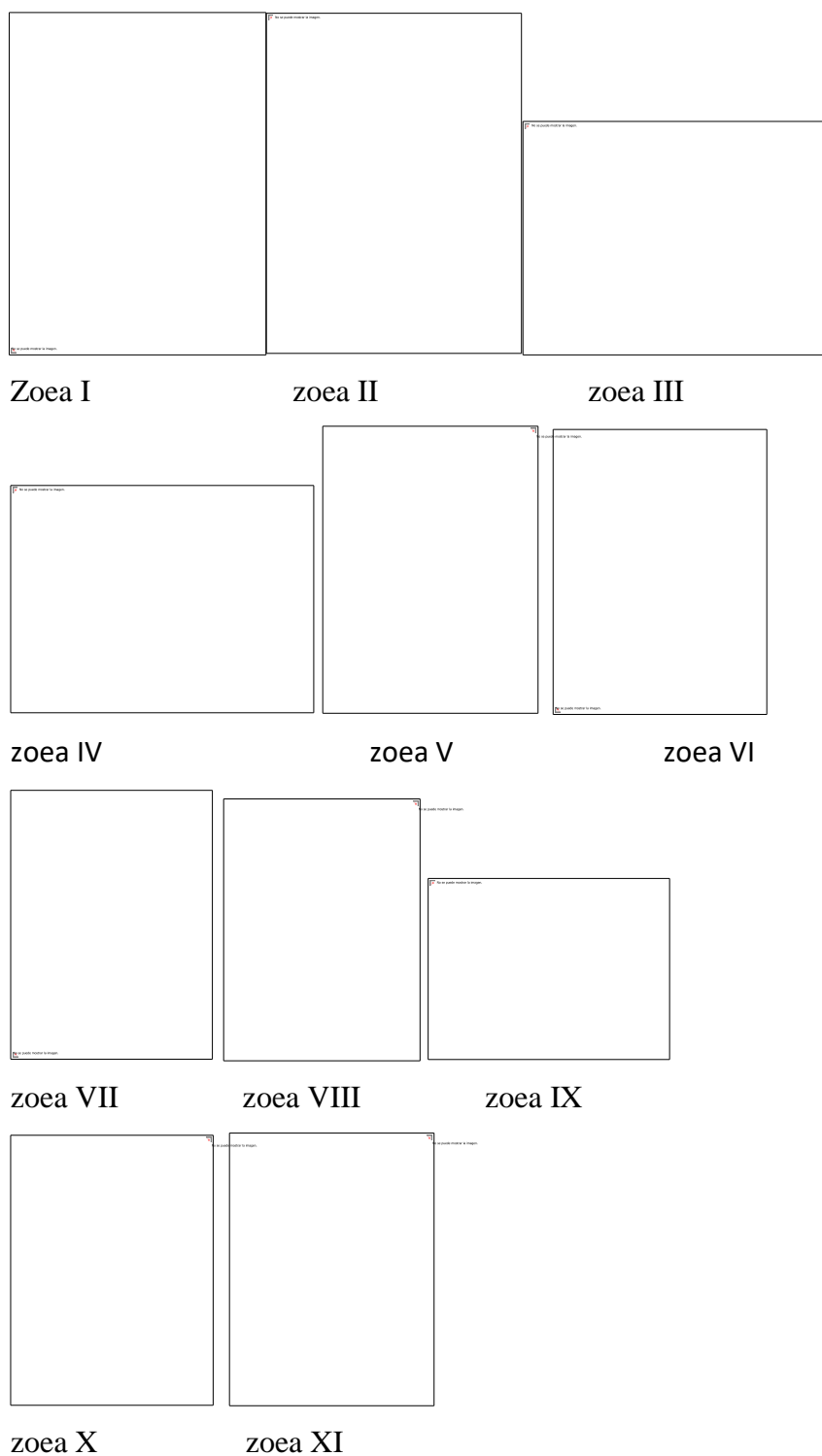


Fig. 56. Estádios larvales (11) de zoea de *M. rosenbergii*

Tabla 6.

Relación cronológica entre estadios larvales para las condiciones de la región San Martín

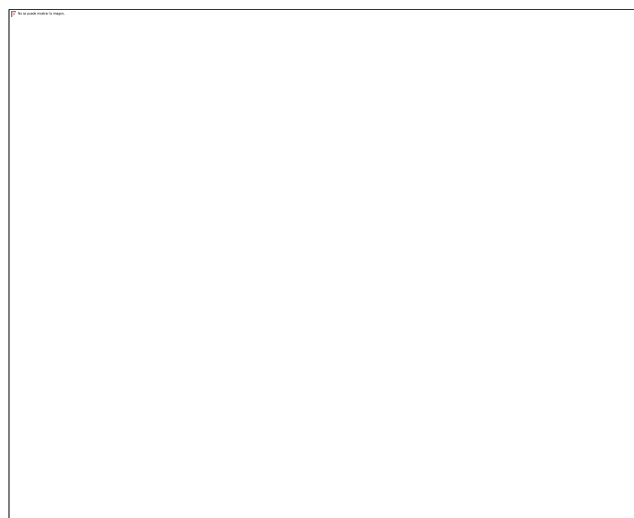
<b>DIA</b>	<b>ESTADIO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
1	I	OJOS PEGADOS AL CUERPO, PLANCTONICAS
2	II	OJOS CON PEDUNCULO
3	II – III	UROPODOS 1º PAR
4	III	
5	IV	ESPINA DORSAL
6	IV – V	UROPODOS 2º PAR
7	V	TELSUM RECTANGULAR
8	V – VI	ESBOZO DE PLEOPODOS
9	VI	PLEOPODOS DOBLADOS
10	VI – VII	PLEOPODOS BIRRAMADOS
11	VII	
12	VII – VIII	PLEOPODOS MAS DESARROLLADOS
13	VIII	PLEOPODOS CON ALGUNAS CERDAS
14	VIII – IX	
15	IX	PLEOPODOS LLENOS DE CERDAS
16	IX – X	ROSTRUM CON ESBOZO DE ESPINAS DORSAL
17	X	ROSTRUM 3 O 4 ESPINAS DORSALES
18	X	
19	X – XI	ROSTRUM CON MUCHAS ESPINAS DORSALES
20	XI	ROSTRUM CON CERDAS ENTRE ESPINAS
21	XI	
22	XI – PL	ROSTRUM CON ESPINAS DORSAL Y VENTRAL
23	XI – PL	
24	PL	NADO HACIA ADELANTE, BENTONICAS
25	PL	COSECHA Y ACLIMATACION A 10 UPS
26	PL	ACLIMATACION A 3 UPS
27	PL	ACLIMATACION A AGUA DULCE
28	PL	ENTREGA A PRE-CRÍA



El promedio de los tamaños y peso (cuadro 6) fue determinado para poder hacer los calculos proximos de la alimentacion, asi en balanza analitica se realizo pesajes por pool de muestras contandose despues la cantidad de larvas, las larvas se secaron en papel adsorbente antes del pesaje. Los resultados y analisis de estos datos son:

Tabla 7.

Relacion de peso y longitud de los diferentes estadios larvales



$$W = 0.002327 * L^{3.001}$$

Fig. 57. Curva de relación peso vs longitud de larvas

La nutrición fue parte fundamental de este trabajo, el manejo de la *Artemia franciscana* y el alimento micronizado jugaron importante papel en el desarrollo de este experimento, la *Artemia* considerado indispensable a la alimentación de organismos larvales de cultivo en acuicultura, se consiguió en el mercado local con cierta dificultad y a un alto precio, existen diferentes marcas y calidades, además de diferentes presentaciones, siendo la más común en latas selladas de una libra (454 gr) de peso.

Se presentan algunas informaciones referentes a ese Brachiopoda que permitió conseguir los resultados presentados

Nombre científico: *Artemia franciscana* (la más fácil de conseguir)

Nombre común: Artemia, camarón de sal muera, Artemia salina

Clasificación comercial de la *Artemia* sp.

Tipo A Golden o Premium con 90% a 95% de eficiencia de eclosión

Tipo B Comercial con 80% y 85% de eficiencia de eclosión

Tipo C Económica con 70% y 75% de eficiencia de eclosión

Origen: Utah ciudad de Salt Lake USA, otros en Kansakistan, Argentina, China.

Cantidad de quistes por gramo: 280,000 para los quistes de Salt Lake

Eclosión: método de la descapsulación (Soorgelos, 1974) modificado y adaptado para volúmenes menores y para las condiciones de insumos en la amazonia peruana para este experimento.

Para Artemia tipo A: 240,000 NAUPLIUS aproximadamente

Para Artemia tipo B: 200,000 NAUPLIUS aproximadamente

Como resultado del presente trabajo se evaluó la calidad y manejo de este micro crustáceo determinándose lo siguiente:

Uso de *Artemia* tipo A:

Durante el cultivo larval los resultados más eficientes fueron:

2º día cultivo (Zoea II): 5.0 gr/tanque

3º día de cultivo (Zoea II - III): 7.0 gr/tanque en adelante hasta llegar a Zoea X

20º día de cultivo (Zoea X – XI): No se usa más *Artemia*, solo ración para las larvas

A la falta de *Artemia* tipo A se pasa a usar la de tipo B, habiendo variaciones de su manejo

Uso de *Artemia* tipo B:

2º día cultivo (Zoea II): 7.0 gr/tanque

3º día de cultivo (Zoea II - III): 8.5 gr/tanque en adelante hasta llegar a Zoea X

20º día de cultivo (Zoea X – XI): No se usa más *Artemia*, solo ración para las larvas.

La técnica de la descapsulación permite un nauplio con mayor vitelo y desinfectado, colocándose de 1 a 3 gramos de quistes por litro de agua salada a 25 UPS. En la práctica se ha llegado a definir un protocolo de manejo con resultados eficientes y de buen aprovechamiento de este insumo, que es el más costoso dentro del cultivo larval, de allí que hacer eficiente su uso es fundamental en el manejo técnico y económico del cultivo.

A continuación, la tabla siguiente describe el protocolo de manejo de la descapsulación en base a pruebas realizadas en la práctica, con múltiples repeticiones, esta metodología es eficiente para cantidades pequeñas que permiten mantener un cultivo para producir hasta medio millón de pos-larvas.

Tabla 8.

Descapsulación de *Artemia*

DESCAPSULACIÓN DE QUISTES DE ARTEMIA

Quistes	agua para hidratar	lejía (Hipoclorito de sodio al 5,5%)	agua en el carboy	sal gruesa
5.0 g	200 ml	125 ml	8 l	250 g
6.5 g	200 ml	125 ml	8 l	250 g
7.0 g	200 ml	125 ml	8 l	250 g
8.5 g	200 ml	125 ml	10 l	250 g
10 g	200 ml	125 ml	10 l	250 g
13 g	300 ml	150 ml	10 l	250 g
14 g	300 ml	150 ml	10 l	250 g
15 g	300 ml	150 ml	16 l	350 g
17 g	400 ml	175 ml	16 l	350 g
20 g	400 ml	175 ml	16 l	350 g
25 g	400 ml	175 ml	16 l	350 g
30 g	500 ml	200 ml	16 l	350 g
35 g	500 ml	200 ml	16 l	350 g
40 g	600 ml	250 ml	16 l	350 g
45 g	600 ml	250 ml	16 l	350 g
50 g	600 ml	300 ml	16 l	350 g

El alimento micronizado formulado combinado con la *Artemia* mostro su eficiencia obteniéndose buenos resultados, las larvas ávidamente capturaban el alimento inerte notándose hasta dos larvas agarradas de la misma partícula, el balance de la proteína animal y la vegetal permitió un equilibrio adecuado además de las concentraciones adecuadas de colesterol como precursor de la hormona de la muda (ecdysona), el alimento en su formulación presento

nutricionalmente 53% de proteína en materia seca, 19% de lípidos y 0.5 % de colesterol, tomándose en cuenta la presencia de los 11 aminoácidos esenciales para crustáceos y los ácidos grasos omega 3 y 6 de 20 y 23 carbonos, para tal el aceite de hígado de bacalao fue el insumo más caro en la preparación del alimento, pero mostro su eficiencia en los resultados obtenidos, la porción llega a pesar 160 gramos y tiene una duración, después del tamizado, de 3 días, caso hubiera sobras, se descarta. En la practica la micronización del alimento se realizó con coladeras caseras comerciales, juntándose dos o tres para conseguir el tamaño adecuado. El tamaño también fue objeto de definición en este trabajo donde se calculó que el tamaño de la partícula para que las larvas lo capten y consuman, debe corresponder a 1/8 del tamaño de la larva, este cálculo permitió el mejor aprovechamiento del alimento.

Con relación al agua sintética esta se mostró eficiente sin causar aparente molestia en las larvas, la dilución de las sales que llegan en sacos de 6.3 kg permitió calcular las cantidades adecuadas para preparar un tanque de 1000 litros de volumen útil a 14 UPS usándose 15.6 kg, esta mezcla se hizo eficiente por más de 8 meses, donde se observó en el análisis del agua que la supervivencia decrecía, se notó deficiencias de magnesio, calcio y potasio las cuales fueron adicionadas según la concentración requerida, sin embargo luego de 12 meses aproximadamente, la supervivencia volvió a caer, en el análisis se observó adecuadas relaciones de estos tres minerales, entonces se deduce que algún otro elemento se consumió haciéndose limitante al cultivo, a la dificultad de definir cuál sería ese elemento, se pasó a descartar el 50% del volumen del agua adicionándose agua nueva, donde el sistema de cultivo volvió

a ser eficiente en productividad y supervivencia. Las concentraciones adecuadas de estos tres elementos que mantuvieron la supervivencia y productividad adecuada fue de 3 – 3.5 Mg: 1 Ca: 1 - 0.8 K. en esta relación se nota un adecuado desempeño de las larvas, además de ser importante mantener la alcalinidad encima de 80 ppm el pH entre 7.8 y 8.2, cualquier alteración de estas condiciones inmediatamente se corrige manteniendo un balance iónico adecuado al desarrollo de las larvas. Vale resaltar que también los cloruros y sulfatos tienen grande relevancia en el cultivo larval, la reposición de Magnesio se hace con cloruro de magnesio, habiéndose observado que un exceso de cloruros induce al síndrome de la muda presa así como actúa como tampón a la salinidad.

## **DISCUSIÓN**

El éxito del cultivo larval de *M. rosenbergii* está basado en el manejo adecuado del agua, el cuidado de las larvas, y en la calidad del alimento que éste necesite para su desarrollo, así para realizar el cultivo de una especie acuática para investigación o cultivo comercial, se requiere previamente un conocimiento claro de su fisiología digestiva, su fisiología reproductiva, su ecología y parámetros físico químicos, bases de su genética, nutrición, sus patologías y tratamientos, metodología de transporte, acondicionamiento en cautiverio, estructuras para su supervivencia y desarrollo en cautiverio, para lo cual se necesitan de conocimientos de biología, de ingeniería pesquera, ingeniería civil, zootecnia, veterinaria, arquitectura, electricidad industrial,

albañilería, topografía, hidrología para el manejo de calidad de agua y sus análisis, además de las normativas legales (leyes), administración, contabilidad y economía.

El Camarón exótico *M. rosenbergii*, fue introducido al Perú con un paquete tecnológico básico en el año de 1984 (Vicencio 2008), a la actualidad muchos equipos de mediciones de lecturas químicas del agua han sido desarrolladas, técnicas de análisis nutricionales, como evaluación de enzimas digestivas, softwares para monitoreo a distancia, de formulación de ración, infraestructura, etc., han avanzado, así al actualizar el manejo de este crustáceo se pretendió, con éxito mejorar la tecnología de su producción aumentando la productividad y reduciendo costos de producción en base a tecnología y ciencia lo que quedó demostrado en el presente trabajo.

Durante el cultivo larval, la química del agua se hace importante, el agua se va deteriorando en calidad por el acumulo de metabolitos, en el tanque de cultivo los organismos excretan amonio, eliminan heces, mudan de exoesqueleto para crecer, mueren, hay restos de alimento y toda una fauna y flora microbiana acompañante; todo este material al retirarlo del sistema de cultivo, garantizar la buena calidad del agua que lleva a mayores supervivencias, el sistema RAS implementado demostró su eficiencia al manejarse científica y técnicamente, los cálculos de balance de masas, los análisis presuntivos, las evaluaciones de la química del agua, el control de los alimentos ofrecidos, todo en conjunto manejado de forma controlada permitieron que el sistema funcione equilibradamente, así cuando comparado con sistemas productivos en Brasil (Davis, 2011) o en Asia (Nurhusna &

Shagawi, 2017), la productividad en la hatchery de pos-larvas de este camarón está a niveles internacionales de calidad y supervivencia, pues en hatcheries comerciales la supervivencia se considera adecuada cuando se llega o supera el 50%, en nuestro caso llegamos en promedio a 65%, lo que es más del 100% del antiguo método aplicado.

Al evaluar en el agua, la química original de las dos únicas hatcheries que se encontraban funcionando en Tarapoto – Perú, se observaron características químicas del agua de cultivo que no eran concorde con el desarrollo larval, lo que motivo a hacer el presente trabajo, encontrándose alcalinidad baja (< de 40 ppm), calcio menor de 50 ppm, magnesio menor de 120 ppm, pH 7.1; altas concentraciones de nitrato (> de 400 ppm) y fosfatos (> de 7.5 ppm), además larvas con cromatóforos azulados, lo que indica alto estrés, la alimentación con *Artemia* deficiente, falta de higiene y bioseguridad, tanques de cultivo parasitados con protozoarios ciliados, abundante restos de alimento de mala calidad, etc., en fin, el presente trabajo definió nuevos protocolos de manejo, incluyendo buenas prácticas de manejo e higiene, controles de la química del agua y alimentación, que se va sociabilizando entre los productores de manera a mejorar las condiciones productivas que lleva a un aumento en la productividad en general.

En relación con la nutrición de las larvas, la alimentación se basó en conocimientos de contenido estomacal, el análisis proximal del camarón y los avances sobre las enzimas digestivas de larvas de palaemonideos (SallehKamardin, et al. 1994) y de penaeideos (Carrillo & Gonzales. 2000), debido al tamaño de las larvas se dificultan los estudios más finos, de esta



manera se trata de ver la nutrición de larvas usando artificios y adaptaciones lógicas y criteriosas, para tal se usan los datos relacionados al análisis proximal del nauplio de *Artemia* y el del camarón adulto, además de informaciones de experimentos hechos con otros crustáceos decápodos (Balderas, et al 2009; Ramírez, et al 2010). En el transcurso del tiempo se ha tratado de buscar alternativas al uso de *Artemia* con pocos resultados satisfactorios, siendo probado nematodos (*Panagrellus sp.*), uso de rotíferos (*Brachionus plicatilis*) inclusive uso de alimentos purificados sin resultados alentadores, así se continua actualmente usando la *Artemia* que durante su manejo el cultivo larval se consiguió un aumento en productividad de 36% más en nauplius, también se definió el tiempo de eclosión (18 horas) donde el 78% de nauplius se encontraron en instar I, 17% en meta nauplios y 5 % en formato de paragua, estos resultados permitieron el mejor aprovechamiento de este insumo que es el más caro del cultivo, además de la dificultad que se tiene para conseguirlo.

Cuando la población larval del camarón esta entre 80 a 120 larvas/litro, las larvas se alimentan capturando su presa, así al observar su alimentación y consumo en 1000 litros de agua de cultivo se definió que necesitan 3´000,000 (tres millones) de nauplius de *Artemia*/día, siendo así cada larva consumiría 30 nauplius por día, pruebas con menores cantidades de alimento vivo, muestran bajas supervivencias además de una demora en el cultivo larval, nuestros resultados no están de acuerdo con las observaciones realizadas por Barros & Valentí (2003) que indican el uso de hasta 80 nauplius de *Artemia* por larva/día obteniendo la misma supervivencia, en este caso, la economía del sistema productivo es importante, el cálculo para la cantidad de los 30 nauplios larva/día

se siguió haciendo conteos de la eficiencia de eclosión de los nauplius, así considerando que durante su eclosión se obtiene aproximadamente 240,000 nauplius de *Artemia*/gramo para obtener los tres millones de nauplius se necesitan aproximadamente 14 gramos de quistes/día., de esta forma por conveniencia y facilidad de manipuleo, se alimentó 2 veces por día siendo 7 gramos de quistes en la mañana y 7 gramos en la tarde, este manejo se asemeja al usado para alimentar larvas de penaeideos (Treece & Yates, 1993) así se hizo una adaptación de la técnica la que resulto adecuada para el manejo.

Para la eclosión de la *Artemia* después de la descapsulación, se coloca en el carboy de 1 a 3 gramos/litro colocándose sal comercial para mantener la concentración en 25 UPS (25 gramos/litro), esta concentración se considera isoosmótica, evitando la perdida de energía en el esfuerzo del control osmoregulador y por consiguiente pérdida también, por consumo, de grandes cantidades de vitelo, en discusiones con ingenieros pesqueros profesionales entendidos en el manejo del cultivo de larvas de camarón (Chirinos, 2018, comunicación personal, Ganoza, 2018, comunicación personal) la concentración debería ser más baja llegando a 18 UPS pues según indican en sus pruebas se obtiene mejores eclosiones siempre y cuando se le adicione bicarbonato de sodio al agua de eclosión, por otro lado la discusión se va al extremo, donde se recomienda el uso de agua con 28 a 35 UPS para la eclosión de la *Artemia*, en la práctica bajo las condiciones de manejo no se observaron mejoras al aplicar los métodos sugeridos, sin embargo el uso de bicarbonato de sodio para subir el pH se notó eficiente.

En relación al alimento micronizado, se cambió las recetas antiguas y según rastreo, venían desde Panamá y que pasaron de boca en boca sin ningún criterio científico, por una ración formulada, en la antigua receta del alimento se adicionaba leche en polvo como insumo nutricional para las larvas, además de carne de pescado fresca y choros, la evaluación de este alimento por simple lógica biológica explica que un crustáceo no tendría condiciones fisiológicas de consumir leche pues no digeriría la lactosa por la ausencia de lactasa, además de este insumo ser altamente soluble en agua liberando alta carga de materia orgánica lo que llevaría a un aumento de bacterias y protozoarios indeseables al cultivo, la carne de pescado fresca no se homogenizaba bien en el alimento presentando hilachas musculares lo que llevaba a un deterioro rápido del agua al entrar en descomposición, con este principio se cambió los insumos para un balance adecuado de proteínas de origen animal y vegetal, lo que llevo al éxito en lo que se refiere al aumento de producción y a la mejor calidad del agua. El tamaño de las partículas aplicadas en este experimento coincide con lo mencionado por Barros & Valenti (2003) que refieren al tamaño de las partículas que captan las larvas, indicando partículas desde 250 micras hasta 1100 micras, en el trabajo realizado se aplicó la experiencia del tamaño de la partícula a 1/8 del tamaño de la larva siendo de 250 a 600 micras, observándose buena captura. Referente a los aspectos nutricionales en el alimento, además de niveles de proteína se balanceó los aminoácidos contenidos en este (tabla 3), así se equilibró los aminoácidos esenciales cubriendo las deficiencias o ausencia de alguno de ellos en el alimento vivo, también se balancearon los niveles adecuados de lípidos y sus

ácidos grasos, y al precursor de la hormona ecdisona (hormona de la muda) que es sintetizado a partir del colesterol. Son 11 (once) los aminoácidos esenciales identificados para crustáceos decapodos, siendo: arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, tirosina, treonina y valina, aunque la tirosina también se considera semi indispensable pues puede ser sintetizado a partir de la metionina (Tacón, A., 1986), estas informaciones sirvieron como base para iniciar el trabajo de formulación. Entre los ácidos grasos, los de 20 carbonos  $\omega$  3 y 6 son fundamentales para formar estructura, así se ha identificado como necesarios los ácidos grasos poliinsaturados EPA (ácido eicosapentaenoico) y el DHA (ácido docosahexanoico) para los palaemonidae (Tacón, A., 1986) .

La necesidad de colesterol, como indicado, también se hace necesario a la dieta tanto de larvas como de adultos, pues al ser precursor de la hormona ecdisona o comúnmente llamada hormona de la muda, es fundamental para el crecimiento del camarón tanto en estadio larval como adulto, para tal el uso de yema de huevo en el alimento de las larvas suple los requerimientos del colesterol el cual no debe sobrepasar de 0.5% en la composición del alimento.

Al ser organismos omnívoros el balance de proteínas de origen animal y vegetal se hace necesario, de esta forma la formulación contempla harina de pescado y proteína de soya como principales fuentes proteicas animales y vegetales, aceite de hígado de bacalao como principal fuente de ácidos grasos  $\omega$  3 y 6, huevera de camarón proveniente de la planta de procesamiento que fornece la vitelina, macromolécula compuesta de carotenos, lípidos y proteínas, camarón fresco sin exoesqueleto que fornece proteína de la misma especie y

de su hepatopáncreas lípidos y carotenos; huevo de gallina que introduce a la ración micronizada la albumina que además de proteína de alta digestibilidad, al coagularse con el calor, aglutina los nutrientes dando estabilidad acuática al alimento y la yema usada como fuente lipídica y de colesterol. Poco se comenta en la literatura especializada, sobre nutrición de larvas, sin embargo trabajo realizado en la Universidad de Sabah, Malasia (Nurhusna & Shagawi, 2017) indican el uso de nauplius de *Artemia* combinada con una ración experimental a base de harinas para alimento de pollos, sin especificar que harinas, huevo de gallina y aceite de pescado, consiguieron resultados con supervivencia de 65% como un logro máximo en su producción, cabe indicar que en los tratamientos realizados en este experimento, se llegó y se pasó esa supervivencia con mayor productividad, demostrando que los insumos y las combinaciones usadas son adecuados al desarrollo larval.

En la producción larval se llegó a reducir el ciclo larval de 32 a 25 días en promedio, lo que representa una economía en la producción y un aumento de la productividad en el tiempo, las condiciones ambientales de la región también fueron fundamentales, pues en registros de la FAO (2002) se indica que el sistema de producción en larvicultura va de 28 a 35 días.

El mantenimiento de la calidad del agua es fundamental en la larvicultura, el mantenimiento bajo de los metabolitos excretados por las larvas, retirar las partículas en suspensión y tener el agua cristalina son condiciones a ser mantenidas en el tiempo así también como la reposición de iones de algunos compuestos como Calcio, Potasio, Magnesio, Manganeso, Zinc, Cobre y Boro que son los principales compuestos que las larvas retiran del agua y los

incorporan a su organismo; el filtro biológico se encargó de mantener bajos los niveles de amonio y nitrito, para evaluar los niveles se usó el test de análisis de agua, marca JBL (alemán) que mostro gran precisión pese a ser de evaluación colorimétrica, el filtro de perlón se encargó de retener las partículas gruesas, el skimmer retiró material nitrogenado soluble en el agua, los filtros de celulosa de 1 micra retiraron las partículas finas en suspensión y el esterilizador UVc redujo la carga bacteriana evitando posibles patógenos en el cultivo, además el proceso mecánico de sifonear los residuos decantados en el tanque permitió reducir posibles contaminantes. También se mantuvo la temperatura y salinidad con variaciones mínimas y el oxígeno en punto de saturación, todo este conjunto evito estresar a las larvas produciendo el efecto esperado de supervivencia superior al 50% como propuesto en la hipótesis.

En lo que se refiere al agua de mar sintética utilizada para hacer la mezcla a 14 UPS, se observó que esta mezcla en producción tuvo una duración máxima de 8 meses y al realizarse el balance iónico con la adición de calcio, magnesio y potasio equilibrando sus concentraciones en la relación de 3 - 3,5 Mg: 1 Ca: 0,8 K, el tiempo de uso se prolongó hasta los 12 meses donde definitivamente algún otro elemento se hacía limitante al desarrollo de las larvas pasándose a hacer un recambio del 50% del agua de cultivo, este manejo permitió que la productividad se mantuviera, pues el indicativo al recambio del agua fue la supervivencia, cuando ella caía a 50 % se realizaba este recambio, manteniendo así los volúmenes de producción.

Durante el cultivo larval no se observaron patologías, pues las buenas prácticas de manejo y salubridad aplicadas son parte de las acciones de control

de riesgo y prevención de enfermedades, iniciándose con la limpieza de los tanques, el orden y criterio en las acciones a ser tomadas, los análisis presuntivos permitieron tener un control adecuado previniendo algún posible problema, dentro de esto se evaluó la coloración típica de las larvas que debe ser marrón rojizo por la presencia de los cromatóforos característicos, observar larvas azuladas o translucidas indica que las larvas están estresadas, igualmente la coloración de los ojos a simple vista debe ser negro, coloración verdosa implica que están estresadas. La natación es característica, nadando con el abdomen hacia adelante y de frente, nados erráticos y en círculos indica que alguna pieza natatoria esta alterada o que hay problemas de equilibrio por alteración de los estatocistos (estructuras de equilibrio) que puede ser por inflamación o infección. La captura del alimento debe ser típica, esto es no demorando en apresarlo y su consumiendo rápidamente de forma notoria al observador, la no captura o poco consumo del alimento indica alguna alteración biológica, alteración en la química del agua o que el alimento no está en condiciones adecuadas.

La observación de presencia de mudas flotando, indican que las larvas están creciendo, es de esperarse que diariamente en las mañanas se encuentren una nata de mudas flotando en la superficie del agua, estas deben ser retiradas pues se observó que sirven de substrato para protozoarios y bacterias que podrían llevar a la fijación de ectoparásitos en las larvas, la ausencia o pocas mudas indican poco crecimiento de las larvas siendo interpretado por condiciones de baja temperatura, alimento pobre o estrés de larvas. La presencia de heces indica buen consumo de alimento.

El cuidado de las condiciones higiénicas es importante, se debe tener cuidado con las cantidades de alimento a ser fornecido pues el exceso sobrante lleva a contaminaciones por bacterias patógenas específicamente por el *Vibrio harveii*, que puede causar mortalidades graves en el cultivo y solo se evita con un buen control sanitario del agua.

El crecimiento larval debe acompañar una relación cronológica con el estadio larval, esta observación es fundamental para evaluar la respuesta de la larva a las condiciones de cultivo y también para relacionar el costo beneficio que cumple la producción comercial, con 10 días de cultivo como máximo una larva debe estar en zoea V, en condiciones de temperatura de 28 – 30 °C, salinidad 13 – 14 UPS y buena nutrición, caso contrario se considera que exista problemas de índole genético o patológico y se hace prudente eliminar el lote y proceder a una desinfección, normalmente se llega bajo buenas condiciones de cultivo en el laboratorio, a zoea V con 7 a 8 días de iniciado el cultivo no observándose ningún inicio de patología o problema nutricional.

Las observaciones diarias al microscopio de las larvas permitió evaluar la calidad de estas, así se observa el hepatopáncreas que debe estar lleno y totalmente vacuolado, cuando la larva ya ha satisfecho sus requerimientos básicos acumula reservas en las celular R del hepatopáncreas las cuales se observan como pequeños pero abundantes vacuolas, en procesos de inanición o muda, se usan estas reservas notándose al hepatopáncreas reducido dejándose ver una luz entre el hepatopáncreas y la parte dorsal del cefalotórax, en estas condiciones se aumenta la cantidad de alimento y se observa continuamente las larvas durante 2 a 3 horas periodo en que debe recuperar el



volumen del hepatopáncreas, caso contrario puede sospecharse de alguna infección bacteriana por *Vibrio*, esa condición tampoco ha sido observada en el laboratorio de producción.

La digestión enzimática se realiza en la luz del hepatopáncreas y en la parte anterior del intestino de las larvas, al microscopio se observa el intestino claramente, y la parte anterior debe estar llena, a partir de esa porción se inicia la formación de las heces la cual es evacuada por movimiento peristáltico que es fácilmente identificado, esta acción es considerada como una buena asimilación del alimento y como una característica de buena calidad de larva, como fue observado durante el cultivo larval; la ausencia de este movimiento puede ser causado por falta de alimento o por infección de *Pseudomona sp.*, esta bacteria se observa en los cultivos por dar una coloración característica en los residuos dentro de los tanques de color rosado a rojizo.

También una manera de notar alguna posible infección, la cual se puede prevenir anticipadamente, es la observación de los hemocito circulantes, siendo bien conocidos los granulocitos tipo amebocitos que fagocitan cuerpos extraños, y los granulocitos de cicatrización que al llegar a alguna herida revientan formando una costra por acción del sistema fenol oxidasa (Fonseca et al., 2013), el buen criterio es fundamental para definir la presencia en abundancia de estas células sanguíneas, la decisión es subjetiva pues definir si son muchas o pocas depende de la experiencia del investigador, en condiciones normales se observan pocos granulocitos circulantes siendo que aumentan luego después de una muda sin embargo con el pasar de las horas estas se reducen, en casos de heridas provocadas por mordedura entre las

larvas el factor de cicatrización se activa, conocido como el proceso del fenol oxidasa, en estos casos los granulocitos aumentan y migran hacia el punto de la herida llegando y reventando dando inicio a un proceso de cicatrización formando una costra negra que luego en la siguiente muda desaparecerá y se inicia la regeneración. Cuando hay invasión de tejidos por bacterias o cuerpos extraños, los granulocitos tipo amebocitos actúan formando pseudópodos y englobando al cuerpo extraño para luego ser fagocitado o enquistado, en muchos casos durante el cultivo larval se observó cicatrices que en un inicio se sospechó que fuera necrosis bacteriana, la observación al microscopio con 400x permite ver que la cicatrización como una estructura liza y sólida, comparativamente con una necrosis que presenta en la parte interna de la mancha negruzca prolongaciones que van penetrando en el organismo.

Otro análisis importante a ser observado en las larvas son los cromatóforos que se localizan en diferentes partes del organismo, siendo más visibles en el dorso del abdomen en el primer tercio (dorso anterior), estos se esparcen o se contraen rápidamente por acción hormonal a partir de estímulos externos en conexión directa neural con el complejo órgano del seno – glándula X del pedúnculo ocular, transportado la hormona inhibidora del pigmento (PDH) o a la hormona concentradora del pigmento (RPCH) rápidamente por el sistema nervioso central dando una respuesta inmediata, si se encuentran contraídos se indica que la larva esta estresada lo que lleva inmediatamente a hacer una evaluación del motivo; durante el cultivo larval esta fue una de las principales señales que se evaluó, no observándose variación en las condiciones normales del cromatoforo.

El cambio de pigmentación de los ojos compuestos de las larvas de un negro oscuro para un color verdoso indica estrés generalmente por infección bacteriana o variación fisicoquímica muy brusca en el agua de cultivo estas observaciones fueron identificadas en Brasil y resumidas en un trabajo publicado por Bueno & Gastelú, (1989) donde se muestra (tabla 9) las manifestaciones normales y anormales en las larvas del camarón, este trabajo permitió evaluar las condiciones de las larvas producidas.

Tabla 9.

Aspectos normales y anormales en larvas de camarón *M. rosenbergii*

---

**Observaciones visuales:**

	<b>Normal</b>	<b>Anormal</b>
Coloración de cromatóforos	Marrón – rojizo	Azul blanquecino
Coloración de globos oculares	Negros	Verdeados
Consumo de alimento	Come	Come poco o no come
Comportamiento natatorio	Patrón	Circular
Mortalidad	Poco	Mucho
Mudas (exuvias)	Mucho	Poco o no se nota

**Observaciones al microscopio:**

Estadios larvales

Observación externa	Cuerpo limpio	Con epibiontes
Observación interna	Hepatopáncreas Grande y vacuolado	Hepatopáncreas atrofiado
Hemócitos	Pocos hemócitos	Muchos hemócitos
Squash de la larva	Pocas bacterias	Muchas bacterias

Bueno & Gastelú, 1989

Dentro de los análisis físico químicos realizados durante el cultivo larval, la temperatura se mantuvo entre 28 y 30° C, al ser organismos exotérmicos, temperaturas mayores pueden reducir el tiempo de cultivo, pues aceleran el metabolismo, así pueden inclusive saltar fases de estadios larvales sin embargo las pos-larvas provenientes de este manejo son pequeñas y no presentan buen desempeño en las fases posteriores de cultivo, como observado en pruebas preliminares, temperaturas menores a 28° C retardan el cultivo no haciéndolo rentable e inclusive facilita la proliferación de hongos filamentosos como la *Saprolegnia sp.* La salinidad se mantuvo a 14 UPS pudiendo por evaporación debido a la temperatura, elevarse a 15 UPS en estos casos se adicionó agua dulce para equilibrar el sistema sin embargo se nota que concentraciones de 13 a 16 UPS no causaron problemas en el desarrollo larval, con 12 UPS la supervivencia se reduce, así por cuestiones económicas y de criterio se decidió el uso de 14 UPS, para no estar muy al margen inferior que puede llevar a bajas supervivencias y de otro extremo, por cuestión económica para no invertir en la compra de sales para aumentar la concentración salina del sistema.

Las larvas extraen del agua iones necesarios para su supervivencia, ingieren pequeñas cantidades de agua para mantener su sistema osmoregulador siendo su glándula antenal la responsable del equilibrio osmótico, en el sistema de cultivo la biomasa que se tiene en producción va asimilando estos nutrientes minerales a su organismo para sus procesos metabólicos haciendo que gradualmente el agua se vaya empobreciendo en su calidad, para evitar este problema se hace el balance iónico que consiste en

mantener la relación de la concentración del agua de mar, así fue realizado durante el cultivo, equilibrándose el magnesio, calcio y potasio, en el tiempo existen otros elementos que también se hacen limitantes lo que requiere de análisis más finos en laboratorios especializados; en el caso de los minerales mencionados, existen kits de análisis para ellos, también para fierro, cobre, silicatos, sin embargo no para otros elementos como el boro, el estroncio, el zinc, manganeso, sulfatos y cloruros, considerados fundamentales para el desarrollo de las larvas y a la dificultad de sus análisis de forma práctica de estos elementos, se procedió al recambiar del agua en un 50% a cada 12 meses, en este trabajo se observó que los iones que se consumen más rápido del agua son el calcio y el magnesio.

## **CONCLUSIONES**

1.- El presente trabajo de investigación siguió bases técnico científica aplicando conceptos de química inorgánica (análisis químicos, estequiometria) y biología (nutrición, microbiología, fisiología, ecología), mostrando un gran avance al desarrollar una nueva metodología para la producción masiva de pos-larvas del camarón exótico *M. rosenbergii* en el Perú, llegando a aumentando en más del 100% la supervivencia, reduciendo el tiempo de cultivo y así iniciando la generación de un producto de alta demanda en el mercado nacional.

2.- El alimento inerte formulado con criterio científico, en combinación con la alimentación viva (nauplius de *Artemia franciscana*), garantizó una alta supervivencia, llegando al 65% de pos-larvas del camarón.

3.- La nueva metodología adaptada para la descapsulación del quiste de *Artemia* aplicado en este trabajo, se mostró altamente eficiente y simple de manejar, verificándose aumentos en la tasa de eclosión, reducción en el tiempo de incubación y por ende mayor aprovechamiento.

4.- El Uso del agua de mar artificial permite un adecuado desempeño de las larvas durante el cultivo larval, siendo que después del octavo mes se necesita hacer un equilibrio iónico reponiendo calcio, magnesio y potasio al agua de cultivo. En estas condiciones, la química del agua se mostró estable y adecuada para el desarrollo de las larvas.

5.- La densidad poblacional adecuada a una producción masiva comercial es de 100 larvas por litro.

6.- El sistema de recirculación RAS aplicado al sistema productivo de larvas de camarón, es altamente eficiente para la producción comercial de pos-larvas.

7.- Mediante el presente trabajo se permitirá desarrollar un protocolo de manejo de larvicultura para la producción masiva de pos-larvas del camarón *Macrobrachium rosenbergii* para el Perú permitiendo iniciar la cadena productiva de este crustáceo en forma sostenida y sustentable.

## **RECOMENDACIONES**

En vista de los resultados obtenidos durante el presente trabajo y su importancia para el desarrollo de una actividad altamente productiva que

necesita del aporte científico y de la biotecnología, por ser de interés para el desarrollo del país, se recomienda continuar con trabajos de balance iónico como reposición de minerales para mantener un cultivo continuo independiente de agua de mar sea natural o artificial, por otro lado se recomienda que los académicos del sector motiven a científicos jóvenes a seguir la línea de investigación aplicada en el sector acuícola como una actividad de futuro productora de alimento donde la investigación biológica es un gran reto para el profesional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez, H. 2017. Salinidades adecuadas el calcio, el potasio, el sodio y el magnesio son los iones más importantes para el crecimiento y la supervivencia de los camarones. Revista Proagro. Mayo 2017. Guayaquil. Disponible en:

<https://revistaproagro.com/el-ion-potasio-en-el-camaron-en-cautiverio/>

Balderas-Cortés, J. J., Lares-Villa, F., Sandoval Trujillo, L., Gassos Ortega, L., Castro Espinoza, M. 2009. Caracterización del contenido de ácidos grasos en *Artemia franciscana* procedente de la bahía de Yavaros, Sonora. México, alimentadas con dietas inertes. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 5 (1): 1-8, México

Barros, H & Valenti, W, 2003, Ingestion rates of *Artemia* nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture. Amsterdam (217) Issues 1–4, 17 March 2003, pp 223-233

Barros, H & Valenti, W, 2003. Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. Aquaculture. Amsterdam (216) 1-4. pp 165-176

- Bragagnoli, G & Grotta, M., 1995. Reprodução do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* do açude Epitácio Pessoa, Boqueirão (Pb), Brasil. Parte 1: Ciclo sexual. **Rev. Nordestina Biol.**, 10(2): 141-154.
- Brusca, R.C. & Brusca, G. J. 1990. corrigida 2001; NCBI net Taxonomy Browser Disponível em: <http://www3.ncbi.nlm.nih.gov/htbm-post/Taxonomy>).
- Bueno. S., L., S & Gastelú G, J., C., 1998. Doenças em camarões de água doce, com ênfase especial para o camarão da Malásia, *Macrobrachium rosenbergii*. Capítulo do livro: "Carcinicultura de água doce". Editor Valenti. W. São Paulo.
- Carrillo F. O. y R. González. 2000. Control de la digestión en camarones. pp 138-148 En: Civera-Cerecedo, R., PérezEstrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Cavalcanti, L. B., CORREIA, E. de S., CORDEIRO, E. A., 1986, Camarão, manual de Cultivo do *Macrobrachium rosenbergii*. Recife, Aquaconsult, 142 p.
- Coelho & Barreto, A. V., 1982. Desenvolvimento larval de *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): influência da alimentação. Ciência e Cultura, Supl, São Paulo, 34:613.
- Centre Océanologique du Pacifique (AQUACOP). 1983. Intensive larval rearing in clear water of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, Annual stock) at the Centre Oceanologique du Pacifique, Thaiti. In CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1: Crustacean Aquaculture. (Ed. By J.P. McVey & J.R. Moore), pp. 179-187. CRC Press, Boca Raton.
- Damrongphol. P.; Eangchuan, N; Poolsanguan, B., 1991. Spawning cycle and oocyte maturation in laboratory-maintained giant freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture. Amsterdam, 95(3)(4):347-357.
- David, Fernanda Seles. 2011. Efeito da intensificação na larvicultura do camarão-da-malásia *Macrobrachium rosenbergii*. 114 pp. Dissertação



(mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2011.  
Disponibile en: <<http://hdl.handle.net/11449/86730>>

Díaz, M. y M. Montes. 2012. [en línea]. Efecto de probiótico a base de *Bacillus sp.*, *Enterococcus sp.*, *Pediococcus sp.* y *Lactobacillus sp.*, en la sobrevivencia y crecimiento larval del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en la estación de maricultura los cóbanos, sonsonate. <http://ri.ues.edu.sv/3131/1/13101348.pdf>. Tesis para optar el título de Licenciada en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. San Salvador.

Dirección General de Acuicultura. 2010. Base de datos del Ministerio de la Producción. Disponible en: [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU04/2010/05\\_17](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU04/2010/05_17). Lima, Perú.

Dirección Regional de Pesquería. 2000. Plan estratégico de Desarrollo del sector pesquería Región San Martín 2000-2005. Tarapoto - Perú.

Direcciones Regionales de Producción. 2015. Base de datos del Ministerio de la Producción Disponible en [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU01/2011/diciembre/05\\_01\(1\).pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU01/2011/diciembre/05_01(1).pdf). Lima, Perú.

Fonseca M, E; Gonzales S.; Rico G., R. 2013. Sistema inmune de los camarones. Revisión. Revista Acuatic (38) 68-84 pp. Sociedad Española de Acuicultura

Fujimura, T. & Okamoto, H. 1972, Notes on progress made in developing a mass culture technique for *Macrobrachium rosenbergii* in Hawaii. Pages 313 – 327. In T. V. R. Pillay, Ed Fishing News Books Byfleet, UK

Heldt, A.; A. Frozza; C. Negrini; F. Martins; L. Cagol; P. Borges; R. Balen; S. Forneck; S. Agatha y V. Piovesan. 2012. Curso de Extensão Carcinicultura de Água Doce Cartilha Básica. Disponible en: [http://carcinicultura.weebly.com/uploads/2/0/2/9/20296119/cartilha\\_carcinicultura\\_verso\\_final\\_imprensa.pdf](http://carcinicultura.weebly.com/uploads/2/0/2/9/20296119/cartilha_carcinicultura_verso_final_imprensa.pdf). Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e

Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal do Paraná – UFPR – Campus Palotina. Palotina-Brasil.

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 2009. Estudio de viabilidad económica de la producción de peces amazónicos en estanques en el departamento de San Martín. Primera edición. Avances Económicos N° 4.

Jiménez, S. J., Sáenz. 2018. Instructivo para el diseño, construcción y manejo de sistemas de recirculación en el cultivo de paco. Ministerio de la Producción - Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura pp 154

Lara-Espinoza, C.L., Espinosa-Plascencia, A., Noris-Rodríguez, E. & Bermúdez-Almada, M.C.I 2016. Influencia de iones minerales en el desarrollo de camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Laboratorio de Análisis Biológicos. Coordinación de Ciencia de los alimentos Carr. A la Victoria Km 0.6. Hermosillo, Sonora. Revista Industria Acuícola. México Disponible en: [http://www.industriaacuicola.com/PDFs/Influencia\\_iones\\_minerales.pdf](http://www.industriaacuicola.com/PDFs/Influencia_iones_minerales.pdf)  
[Vannamei](#)

Ling, S.W. and A.B.O. Merican, 1962. Notes on the life and habits of the adults and larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. Proc. Indo-Pac. Fish. Coun., 9: 55-60.

Ling, S.W. 1977 Aquaculture in Southeast Asia: A historical overview. A Washington Sea Grant Publication, Contributions, College of Fisheries, University of Washington No. 465: 108 p.

Methil, K.; C., Mohanakumaran and K., Salin. 2009. Freshwater shrimp farming and its sustainability in South Asia. World Aquaculture 48-68 p. India.

Nandlal, S. and T. Pickering. 2005. Freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming in Pacific Island countries. Volume one. Hatchery operation. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community.

New, M. 2002. [on line]. Farming freshwater prawns: A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). In:

- <http://http.fao.org/docrep/fao/005/y4100e/y4100e00.pdf>. FAO, Fish. Tech. Pap. No 428. Rome, Italy. 219p.
- New, M.; S. Singholka. 1984. Cultivo de camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. Disponible en pdf. FAO, Doc. Tec. Pesca (225) 118p.
- Nurhusna Nik, Shagawi, R. 2017. Innovative egg crustacea formulation reduced rearing period and improved survival of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* larvae. Word Aquaculture Society (48-5) pp 751-759
- Orbegoso, O. 2000. Análisis Competitivo de la Experiencia de Desarrollo del Cultivo del Camarón de Agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) en San Martín. Contribución al estudio de la competitividad regional en el Departamento de San Martín, Tarapoto – Perú. 66p.
- Pinheiro, M & Hebling, N., 1998. Biología de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). Capítulo do livro: “Carcinicultura de água doce”. Editor Valenti. W. São Paulo. Pp 21 - 46
- Ramírez E., Silva, A., Guevara, M., 1, Núñez, M., Bauza, R., Arredondo-Veja, B., 2010. Composición bioquímica del camarón dulce acuícola *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) sometido a condiciones de cultivo. Universidad de Oriente, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Biología Pesquera, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Revista Zootecnia Tropical vol. 28.
- Rezaei, K.; G. Rafiee; M. Frinsko and H. Daniels. 2012. Effects of feeding frequency on larval quality and survival rate of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). First International Larviculture Conference in Iran. 573 – 578p.
- Salleh Kamarudin, M; Jones, D.; ZainalAbidin, V. 1994. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture. Amsterdam (123) 3-4. 323 – 333 p
- Schram, F.R. 1982. The fossil record and evolution of the crustacean. In Biology of Crustacea. Ed. L.G. Abele, Academic press. NY pp 99 – 147.

- Sorgeloos, P. & Persoone, G. 1975. Technological improvement for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. II hatching and culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. *Aquaculture* V6. 4. pp 303 – 317.
- Tacon, Albert 1986. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. FAO, programa cooperativo gubernamental CCP/RLA/102/ITA. Proyecto AQUILA II. Documento de campo N° 4. Roma. <https://www.fao.org/3/ab492s/AB492S01.htm>
- Treece, G.& Yates, M. 1993. Manual de laboratorio para el cultivo de larvas de penaeideos. Marine Advisory Service. Texas A & M University. 89 p
- Valenti, W.C.; Mallasen, M.; Silva, C. A. 1998. Larvicultura em sistema fechado dinâmico. In: VALENTI, W.C. (Ed.) Carcinicultura de água doce: tecnologia para a produção de camarões. Brasília, FAPESP/IBAMA. p. 112-139.
- Vicencio, R. 2008. Crianza de camarones. Disponible em: Curso on line <http://www.mailxmail.com/curso-crianza-camarones-1-2/crianza-camarones-introduccion>.
- Wickins, J. S., 1976. Prawn biology and culture. *Oceanogra. Mar. Biol. Ann. Rev. Conwy: Averbdeen University Press.* 14: 435 – 507
- Wheatly, M.G. 1993. Physiological Adaptations in Decapoda Crustaceans for Life in Fresh Water. *Advances in Comparative and Environmental Physiology.* Virginia USA, pp 77 - 132