

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DEL COPÉPODO CYCLOPOIDE MARINO
Cyclopina sp FRENTE A LA *Artemia* sp COMO FUENTE DE ALIMENTO EN LA
LARVICULTURA DEL PARGO LUNAREJO *Lutjanus guttatus* (STEINDACHNER,
1869) EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA BAHÍA MÁLAGA-ICA, BUENAVENTURA,
VALLE DEL CAUCA.**

MARIA FERNANDA BURBANO BACCA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO-COLOMBIA
2010**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DEL COPÉPODO CYCLOPOIDE MARINO
Cyclopina sp FRENTE A LA *Artemia* sp COMO FUENTE DE ALIMENTO EN LA
LARVICULTURA DEL PARGO LUNAREJO *Lutjanus guttatus* (STEINDACHNER,
1869) EN LA ESTACIÓN ACUÍCOLA BAHÍA MÁLAGA-ICA, BUENAVENTURA,
VALLE DEL CAUCA.**

MARIA FERNANDA BURBANO BACCA

**Informe final de trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero en Producción Acuícola**

**Presidente
ARIEL EMIRO GOMEZ CERÓN
Esp. Biólogo Marino**

**Copresidente
GUSTAVO TORRES VALENCIA
Profesional en Acuicultura**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO-COLOMBIA
2010**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusiva de su autor”

Artículo 1ero del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

ARIEL EMIRO GOMEZ CERON. Esp. Biólogo Marino
Presidente de tesis

MARIO DAVID DELGADO. Ing. En Producción Acuícola
Jurado delegado

VILMA YOLANDA GOMEZ NIEVES. Biólogo Marino
Jurado

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA, que apoyó el desarrollo de esta investigación con material biológico, equipos, insumos e instalaciones de la Estación Acuícola Bahía Málaga.

A la Asociación Colombiana de industriales y armadores pesqueros ACODIARPE por brindar apoyo económico para esta investigación.

A Ariel Emiro Gómez Cerón, Esp. Biólogo Marino, presidente de esta investigación.

A Gustavo Adolfo Torres Valencia coordinador de la producción de alimentos vivos de la Estación Acuícola Bahía Málaga, copresidente de esta investigación.

A Jesús Hernando Gamboa d'croz coordinador de la Estación Acuícola Bahía Málaga.

Al personal técnico de la Estación Acuícola Bahía Málaga.

A Marco Antonio Imuéz Figueroa, asesor estadístico.

A Mario David Delgado, Ingeniero en Producción Acuícola y Jurado delegado.

A Vilma Yolanda Gómez Nieves, Bióloga Marina y Jurado.

A Luis Alfonso Solarte Portilla, secretario de la facultad de ciencias pecuarias.

A Piedad Mejía, Secretaria Programa de Ingeniería en Producción acuícola.

A Oscar Mejía, Auxiliar del centro de documentación especializada del departamento de recursos hidrobiológicos.

Y a todas las personas de alguna manera apoyaron el desarrollo de esta investigación.

DEDICO:

A Dios, por su amor y ayuda en todos los momentos, especialmente en los más difíciles.

A mis padres, por su esfuerzo y paciencia.

A mis hermanas, por su colaboración y motivación.

A mi hija MARIAN, quien me prestó el tiempo que le pertenecía y me motivó para culminar con éxito esta etapa.

A ti MI AMOR, por tu comprensión, apoyo constante y paciente espera.

Maria Fernanda

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 GENERALIDADES DEL PARGO LUNAREJO <i>Lutjanus guttatus</i> (STEINDACHNER, 1869)	23
4.1.1 Clasificación taxonómica	24
4.1.2 Distribución geográfica y hábitat	24
4.1.3 Hábitos alimenticios del pargo lunarejo	25
4.1.4 Aspectos reproductivos del pargo lunarejo	26
4.2 ASPECTOS PRODUCTIVOS DEL PARGO LUNAREJO	27
4.2.1 El cultivo de lutjanidos en el mundo	27
4.2.2 El cultivo de lutjanidos en Colombia	27
4.3 LARVICULTURA DE PARGO LUNAREJO <i>lutjanus guttatus</i>	29

4.3.1 Método tradicional de “agua clara”	29
4.3.2 Método del “mesocosmos”	30
4.4 ALIMENTO VIVO	31
4.4.1 Microalgas	33
4.4.2 <i>Artemia</i>	34
4.4.2.1 Clasificación sistemática	34
4.4.3 Copépodos	36
4.4.3.1 Características generales	36
4.5 IMPORTANCIA DE LOS COPÉPODOS	38
4.6 GENERALIDADES DE <i>Cyclopina</i> sp	42
4.6.1 Clasificación sistemática	42
5. DISEÑO METODOLOGICO	43
5.1 LOCALIZACIÓN	43
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	44
5.3 MATERIAL BIOLÓGICO	44
5.4 TRATAMIENTOS	45
5.5 INSTALACIONES	45
5.5.1 Materiales, insumos y equipos	46
5.6 PLAN DE MANEJO	46
5.6.1 Adecuación de instalaciones	46
5.6.2 Obtención de agua marina	47
5.6.3 Cultivo de microalgas	47

5.6.4 Cultivo de copépodos <i>Cyclopina</i> sp	48
5.6.4.1 Mantenimiento de cepas	48
5.6.4.2 Cultivo masivo	49
5.6.5 Obtención de larvas	50
5.6.6 Cosecha de larvas	50
5.6.7 Larvicultura	50
5.6.7.1 Obtención de naúplios de <i>Artemia</i> sp	50
5.6.7.2 Cosecha de copépodos <i>Cyclopina</i> sp	51
5.6.8 Control de parámetros fisicoquímicos	51
5.6.9 Limpieza de tanques	51
5.7 MUESTREOS	52
5.7.1 Medición de longitud	52
5.7.2 Observación del contenido estomacal	52
5.7.3 Prueba de resistencia al estrés	52
5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	53
• VARIABLES EVALUADAS	54
• Supervivencia	54
• Incremento de longitud	54
• Prueba de resistencia al estrés de Kraul	54
• Relación beneficio/costo	54
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSION DE RESULTADOS	56

6.1. SOBREVIVENCIA	56
6.2 INCREMENTO DE LONGITUD	59
6.2.1 Selección de presas y contenido estomacal	62
6.3 SOBREVIVENCIA A LA PRUEBA DE RESISTENCIA AL ESTRÉS DE KRAUL	64
6.4 RELACIÓN COSTO/BENEFICIO	66
6.5 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	67
6.5.1 Temperatura en los 3 tratamientos	67
6.5.2 Salinidad en los 3 tratamientos	68
6.5.3 pH en los 3 tratamientos	69
6.5.4 Oxígeno disuelto en los 3 tratamientos	69
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
7.1 CONCLUSIONES	71
7.2 RECOMENDACIONES	72
8. BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pargo lunarejo <i>lutjanus gutattus</i>	23
Figura 2. Cultivo larval método de “agua clara”	30
Figura 3. Cultivo larval método del “mesocosmos”	31
Figura 4. Microalgas usadas en acuicultura marina	34
Figura 5. Naúplio de <i>Artemia</i> sp	35
Figura 6. Vista dorsal de un copépodo	36
Figura 7. a. Hembra de <i>Cyclopina</i> sp, b. Macho de <i>Cyclopina</i> sp	42
Figura 8. Estación acuícola Bahía Málaga	43
Figura 9. Instalaciones utilizadas en el desarrollo de la investigación	45
Figura 10. Cultivo de microalgas en interiores	47
Figura 11. Cultivo de microalgas en exteriores	48
Figura 12. Cultivo de <i>Cyclopina</i> sp en volúmenes de 3 y 90 litros	49
Figura 13. Cultivo de <i>Cyclopina</i> sp en volúmenes de 1000 y 3000 litros	49
Figura 14. Cosecha de copépodos <i>Cyclopina</i> sp	51
Figura 15. Prueba de resistencia al estrés	52
Figura 16. Supervivencia de larvas de pargo lunarejo en los 3 tratamientos	56
Figura 17. Crecimiento en longitud de larvas de pargo lunarejo en los 3 tratamientos	60
Figura 18. Alimento consumido por las larvas de pargo lunarejo: a),Naúplio de <i>Artemia</i> sp vivo y b)naúplio parcialmente digeridos parcialmente digeridos	62
Figura 19. Alimento consumido por larvas de pargo lunarejo: copépodos adultos de <i>Cyclopina</i> sp: a) copépodo vivo y b) copépodo digerido	63

Figura 20. Supervivencia a la prueba de resistencia al estrés de Kraul	64
Figura 21. Temperatura en los 3 tratamientos	68
Figura 22. Salinidad en los 3 tratamientos	68
Figura 23. pH en los 3 tratamientos	69
Figura 24. Oxígeno disuelto en los 3 tratamientos	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Promedio de los parámetros físico-químicos del agua en la Estación Acuícola Bahía Málaga	43
Tabla 2. Costos variables de los 3 tratamientos	66
Tabla 3. Ingresos obtenidos por tratamiento y relación beneficio/costo	67

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Protocolo cultivo de microalgas EABM	78
Anexo B. Análisis de varianza para temperatura	79
Anexo C. Análisis de varianza para salinidad	80
Anexo D. Análisis de varianza para pH	81
Anexo E. Análisis de varianza para oxígeno disuelto	82
Anexo F. Prueba de Brand Snedecor para la variable mortalidad	83
Anexo G. Prueba de comparación de proporciones para la variable mortalidad	84
Anexo H. Prueba de Brand Snedecor para la variable resistencia al estrés	85
Anexo I. Prueba de comparación de proporciones para la variable resistencia al estrés	86
Anexo J. Análisis de varianza para la variable longitud	87

GLOSARIO

ALIMENTO VIVO: la acuicultura, el alimento vivo es el grupo de organismos que componen el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual constituye la unidad básica de producción del material orgánico en los ecosistemas acuáticos.

ARA: ácido araquidónico, esencial para larvas de peces marinos (20:4 n-6)

COPÉPODO: crustáceo máxilopodo de tamaño muy pequeño perteneciente al zooplancton marino que representa la base de las presas consumidas en el medio natural.

DHA: ácido docosahexaenoico, esencial para larvas de peces marinos (22:6 n-3)

EPA: ácido eicosapentaenoico, esencial para larvas de peces marinos (20:5 n-3)

ESPERMATOFORO: cápsula de espermia producida por el macho y transferida a la hembra, que la mantiene generalmente en el abdomen.

GENOSEGMENTO: segmento genital de la hembra de copépodo.

GONOPORO: orificio ubicado en el segmento genital de la hembra por donde son expulsados los huevos.

LARVICULTURA: cultivo de larvas, generalmente en hatcheries.

PUFA(POLYUNSATURATED FATTY ACIDS, ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS): . Son ácidos grasos de cadena larga con varios enlaces dobles.

UROSOMA: región abdominal del copépodo.

RESUMEN

En la estación Acuícola Bahía Málaga (Buenaventura, Colombia), perteneciente al Instituto Colombiano Agropecuario ICA, se realizó la evaluación del potencial de los copépodos *Cyclopina* sp los cuales fueron cultivados, empleando para su alimentación la microalga *Tetraselmis suecica* desde volúmenes de 250 ml, hasta 3 toneladas, pasando por 3, 90 y 1000 litros respectivamente para evaluar el potencial de los mismos frente a *Artemia* sp como fuente de alimento en la larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* a partir de la segunda semana de cultivo. Lo anterior permitió determinar algunos aspectos y variables de interés productivo como: sobrevivencia, crecimiento en longitud, calidad de larvas medida con la prueba de resistencia al estrés y análisis beneficio costo. Una vez la cantidad de copépodos producidos fue la adecuada (entre 20 y 22 millones), se procedió a realizar el ensayo de alimentación evaluando los siguientes tratamientos: *Artemia* sp a razón de 2 individuos/ml (T1), *Cyclopina* sp a razón de 2 individuos/ml (T2) y *Artemia* sp a razón de 1 individuo/ml + *Cyclopina* sp a razón de 1 individuo/ml (T3).

Los mejores resultados de sobrevivencia se obtuvieron con el Tto 2 alcanzando un 73,33%, seguido por el Tto 3 con 68,18% y por ultimo el Tto 1 que solo alcanzo un 45,15%. Posteriormente se procedió a realizar la prueba de resistencia al estrés para determinar la sobrevivencia a la misma, obteniendo como resultado que los mayores valores los obtuvo el Tto 3 con 75,36%, seguido por el Tto 2 con 72,46% y por ultimo el Tto 1 con 55,07%. En cuanto al crecimiento en longitud no hubo grandes diferencias destacando que el Tto 1 logro obtener tallas en promedio de 14 mm., seguido por el Tto 3 con 13mm y por ultimo con el Tto 2 11,9 mm, sin embargo, al realizar la prueba ANOVA no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Otra importante observación que se realizo fue el análisis del contenido estomacal donde se logro determinar como la larva asimilo los diferentes alimentos y como son capaces de seleccionarlos basándose en un requerimiento de tamaño y tipo de presa. En cuanto a la resistencia a la prueba de estrés se pudo determinar que se obtuvo mayor sobrevivencia a la misma con el Tto 3 alcanzando un 75,36%, seguido por el Tto 2 con 72,46%, y por último el Tto 1 con 55,07%, demostrando que la alimentación con copépodos mejora la calidad de las larvas. Por otra parte el análisis de costo beneficio permitió establecer que los tres tratamientos presentaron factibilidad económica, sin embargo las larvas producidas en el Tto 2 fueron más numerosas y de mejor calidad, logrando obtener mayor relación beneficio/costo. Los parámetros fisicoquímicos en los tres tratamientos oscilaron entre 26,9 y 27,4 °C para temperatura, 23,10 y 23,60‰ para salinidad, 7,9 y 8 para pH y 5,05 y 5,26 mg/l para oxígeno disuelto. Este estudio permitió establecer que la alimentación basada en copépodos *Cyclopina* sp tiene efectos benéficos sobre el crecimiento, sobrevivencia y calidad de las larvas cultivadas, mostrando este alimento grandes cualidades para ser ampliamente usado durante la segunda semana de vida de las larvas el cual es un excelente complemento de los náuplios de *Artemia* sp.

ABSTRACT

In the Acuicola station Bahia Malaga (Buenaventura, Colombia), pertaining to the Instituto Colombiano Agropecuario ICA, copépods of the *Cyclopina* sp sort was cultivated and fed with the *Tetraselmis suecica* seaweed from 250 volumes of mililiter, to 3 tons, happening through 3, 90 and 1000 liters respectively to evaluate the potential of such as opposed to *Artemia* sp as food source in the larviculture of pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* as of the second week of culture. The previous thing allowed to determine some aspects and variables of productive interest like: sobreexperiencia, growth in length, quality of larvae measured with the test of resistance to stress and analysis benefit cost. Once the amount of produced copépods was the adapted one (between 20 and 22 million), was come to make the feeding test evaluating the following treatments: *Artemia* sp at the rate of 2 individuos/ml (T1), *Cyclopina* sp at the rate of 2 individuos/ml (T2) and *Artemia* sp at the rate of 1 individuo/ml + *Cyclopina* sp at the rate of 1 individuo/ml (T3).

The best results of sobreexperiencia were obtained with Tto 2 managing to reach a 73.33%, followed by Tto 3 with 68.18% and finally the Tto 1 that single profit to reach a 45.15%. Later it was come to make the test of resistance to stress to determine the sobreexperiencia to the same one, obtaining like result that the greater values obtained Tto 3 with 75.36%, followed by Tto 2 with 72.46% and finally Tto 1 with 55.07%. As far as the growth in length there were no great differences emphasizing that the Tto 1 profit to obtain statures in average of 14 mm, followed by the Tto 3 with 13mm and finally with the Tto 2 11.9 mm, emphasizing that when making the test of ANOVA were not significant statistical differences between treatments. Another important observation that I am made was the analysis of the stomach content where profit to determine as the larvae I assimilate different foods and as they are able to select being based them on a requirement of size and type of prey. As far as the resistance to the test of stress it was possible to be determined that greater sobreexperiencia to the same one with Tto 3 was obtained reaching a 75.36%, followed by Tto 2 with 72.46%, and finally Tto 1 with 55.07%, demonstrating that the feeding with copépods improves the quality of the larvae. On the other hand the cost analysis benefit allowed to establish that the three treatments presented/displayed economic feasibility, nevertheless the larvae produced in Tto 2 were but numerous and of better quality, obtaining to obtain greater relation benefit/cost. The fisicoquímical parameters in the three treatments oscillated between 26.9 and 27.4 °C for temperature, 23.10 and 23,60°/°° for salinity, 7.9 and 8 for pH and 5.05 and 5.26 mg/l for I oxygenate dissolved. This study allowed to establish that the feeding based on copépods *Cyclopina* sp has beneficial effects on the growth, sobreexperiencia and quality of the cultivated larvae, showing to this food great qualities widely to be used during the second week of life of the larvae which is an excellent complement of the naúplios of *Artemia* sp.

INTRODUCCION

A través de los años la acuicultura marina ha logrado atención y desarrollo a nivel mundial, siendo una realidad en países Europeos y Asiáticos donde se ha logrado cultivar especies como la dorada (*Sparus auratus*), lubina (*Dicentrarchus labrax*), atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), entre otras de gran importancia comercial. En Colombia se presenta como una actividad con grandes expectativas dentro del sector acuícola, debido principalmente a la necesidad de obtener peces marinos para fines de repoblamiento y producción de alimento.

Sin embargo, existen algunos inconvenientes en cuanto a la obtención de animales, siendo quizá el más significativo el que se presenta en la fase de larvicultura, en donde se debe realizar un buen manejo de las larvas para garantizar la sobrevivencia de las mismas haciendo una buena elección del alimento a suministrar, debido principalmente a que las larvas de la mayoría de especies comerciales tropicales cuando inician la alimentación exógena presentan el tracto digestivo aún no completamente formado, el intestino anterior todavía está indiferenciado y sin glándulas gástricas¹; razón por la cual es indispensable suministrar un alimento que contribuya a completar el desarrollo de su sistema digestivo.

En la mayoría de especies de peces marinos y en el caso del pargo lunarejo, se debe suministrar como alimento, principalmente zooplancton seleccionado de acuerdo con el tamaño de la boca de la larva, por esto requieren en esta fase una dieta especial de partículas pequeñas, de textura suave, fácilmente digeribles, en forma constante, abundante y con alto valor nutritivo. El incompleto desarrollo de su tracto digestivo limita su capacidad de aprovechar satisfactoriamente los nutrientes de la dieta² y utilizan las enzimas de las presas vivas para facilitar el proceso de digestión y estimular la producción de las enzimas endógenas; así, este periodo se presenta como una fase crítica para su sobrevivencia.

Por lo anterior, “se ha tendido a usar especies de fitoplancton y zooplancton fácilmente cultivables en laboratorio las cuales deben ser asimiladas con provecho y sus cualidades nutritivas adecuadas para la sobrevivencia y crecimiento de larvas”³. Dentro de éstas

¹KOLKOVSKI, Tesser, Digestive enzymes in fish larvae and juveniles-implications and applications to formulated diets, citado por Prieto, M; M.Sc; Atencio V, M.Sc. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. En: [www.scielo.org.co/scielo.php?script=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=2008, vol.13. p. 1416)

²ZIMMERMANN, S. Recentes Avanços na Nutrição de Peixes: a Nutrição por Fases em Piscicultura Intensiva, citado por Prieto y Atencio. I, bid. p. 1417.

³RUIZ, Olga. caracterización de diversas poblaciones de *Artemia* desde el punto de vista de su composición en ácidos grasos y de sus patrones moleculares. Tesis doctoral para optar título de doctora en Ciencias Biológicas, Departament servei de publicacions. Universitat de Valencia. 2008. p.3.

se encuentran los naúplios de *Artemia*, siendo uno de los alimentos vivos más utilizados para la cría de larvas como primer o segundo alimento dependiendo de la especie y en el paso al consumo de dietas artificiales gracias a que tiene la capacidad de producir quistes a partir de los cuales se obtienen fácilmente por eclosión estadios naúpliales.

Sin embargo existen factores que limitan su uso como alimento debido a que presenta variabilidad en su composición en ácidos grasos esenciales, que determina drásticamente su valor nutritivo para larvas de especies marinas que son de forma natural deficientes en HUFAs de la serie w-3, en especial en DHA (Rainuzzo *et al.* 1994)⁴. Debido a esta deficiencia, es indispensable enriquecer el alimento vivo con productos ricos en HUFAs w-3 antes de suministrarlo a las larvas, aspecto que hace incrementar los costos de producción.

Por otro lado existe el problema de la escasez del recurso debido a que cambios climáticos han alterado la mayoría de los habitats de este crustáceo afectando cantidad y calidad de quistes, elevando costos y originando deficiente calidad de larvas cultivadas. Por tal razón surge el interés por reemplazar parcial o totalmente su uso como alimento pues en la larvicultura de especies marinas se ha vuelto casi insustituible, como en el caso del pargo lunarejo cuya alimentación a partir de la segunda semana depende exclusivamente de su uso.

Debido a lo anterior, en acuicultura marina estudios han demostrado que los copépodos pueden tener mayor valor nutricional que *Artemia*, porque su perfil nutricional es mejor para los requerimientos nutricionales de larvas de peces marinos. Por tal razón podrían reemplazar sino totalmente, de una forma parcial su uso pues se caracterizan por poseer altos niveles de proteína (44-52%), buen perfil de aminoácidos (Lavens, Støttrup y Mckinnon citados por prieto, *et al*⁵), son el alimento natural de la mayoría de larvas de peces marinos y sus movimientos ofrecen un importante estímulo visual convirtiéndose en la presa preferida por encima de los rotíferos y por consiguiente en una buena alternativa para la alimentación de larvas de peces marinos.

En la actualidad existen importantes perspectivas en cuanto al desarrollo de la tecnología para el cultivo del pargo lunarejo del Pacífico (*Lutjanus guttatus*) siendo esta especie según Sierra “una de las candidatas para la diversificación de la maricultura en el Pacífico colombiano debido a que tiene una gran demanda en el mercado, uno de los

4 RAINUZZO *et al.* Effect of short and long-term lipid enrichment on total lipids, lipid class and fatty acid composition in rotifers. Citados por Lazo, J. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. En: <http://www.aquatech.com.ve/pdf/lazo.pdf>. Noviembre, 2000. p. 306.

5 PRIETO, *et al.* Op. Cit. p. 211. En: www.scielo.org.co/scielo.php?script.

mejores precios de venta y puede reproducirse en cautiverio con un tratamiento hormonal simple”⁶.

Por todo lo anterior, el propósito de esta investigación fue realizar la evaluación del potencial del copépodo cyclopoide marino *Cyclopina* sp frente a la *Artemia* como fuente de alimento en la larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* para obtener información que permita mejorar la obtención de alevinos de esta especie tan importante.

⁶SIERRA, Juan. Inducción hormonal (hcg) al desove y larvicultura del pargo lunarejo *lutjanus guttatus* como alternativa de diversificación para la maricultura en el pacífico colombiano. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola, www.udenar.edu.co/acuicola/revista/archivo/a3vol3/conf14.pdf vol. 2, 2007.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los retos que tiene en la actualidad la acuicultura marina es la alimentación de especies promisorias para la implementación de cultivos, de manera especial en sus primeras fases. Al igual que la mayoría de peces marinos, la dieta de las larvas de pargo lunarejo esta basada en alimento vivo, actualmente la falta de desarrollo de métodos adecuados de alimentación durante la etapa larval es considerada como la principal limitante en la producción de varias especies marinas, entre ellas la especie mencionada, lo cual se ve reflejado en baja sobrevivencia y deficiente calidad.

Por lo anterior se hace necesario la implementación y optimización de diferentes métodos de producción de alimento vivo, donde se pueda establecer condiciones adecuadas que permitan obtener un alimento de alto contenido nutricional, bajo costo de producción y fácil asimilación que contribuya a la sobrevivencia y desarrollo de las larvas. Con esta idea, se resalta la importancia de evaluar el potencial del copépodo marino *Cyclopina* sp con el fin de mejorar la sobrevivencia y crecimiento de larvas de pargo lunarejo para garantizar semilla de excelente calidad para la producción de un número suficiente de animales que puedan ser útiles para las posteriores fases de cultivo.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta lo anterior esta investigación plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es el potencial de los copépodos cyclopoides marinos *Cyclopina* en la larvicultura de pargo lunarejo?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial del copépodo cyclopoide marino *Cyclopina* sp frente a la *Artemia* sp como fuente de alimento en larvicultura del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la Estación Acuícola Bahía Málaga-ICA, Buenaventura, Valle del Cauca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad de larvas de pargo lunarejo alimentadas con dietas de *Cyclopina* sp y *Artemia* sp a través de la prueba de resistencia al estrés de Kraul.
- Determinar el incremento de longitud en larvas de pargo lunarejo alimentadas con las dietas zooplantónicas de *Cyclopina* sp y *Artemia* sp.
- Evaluar la sobrevivencia de las larvas de pargo lunarejo con cada una de las dietas.
- Realizar un análisis beneficio-costos de los tratamientos experimentales.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES DEL PARGO LUNAREJO *Lutjanus guttatus*

El pargo lunarejo se caracteriza por presentar una coloración que varía desde rosado hasta rosado amarillento a plateado con rayas oblicuas cafés, es rápidamente reconocible por una gran mancha oscura debajo de la aleta dorsal, hacia la parte posterior del cuerpo y sobre la línea lateral. La mancha oscura en el dorso comienza a hacerse más difusa en los adultos, y puede desaparecer u oscurecerse rápidamente dependiendo del comportamiento del pez. Esta especie de pargo, frecuentemente es capturado por arrastre, y se ha reportado una longitud máxima de 80 cm.⁷.

Figura 1. Pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*



“La familia Lutjanidae agrupa a 70 géneros y 103 especies, de las cuales 65 especies (39 en el indo pacífico, nueve en el pacífico oriental, 12 en el atlántico occidental y cinco en el atlántico oriental) corresponden al genero *Lutjanus*”⁸.

⁷ LAGOS, Viviana. Incubación y cultivo larval de *Lutjanus guttatus*; pargo manchado (pisces: Lutjanidae). Trabajo de grado (Ingeniería en Acuicultura). Coquimbo, Chile: Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del mar, 2000. p. 7.

⁸ LAGOS, Viviana. Op. Cit., p. 1.

4.1.1 Clasificación taxonómica. Según Gamboa y Valverde⁹ la ubicación taxonómica completa de *Lutjanus guttatus* es:

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Actinopterygii
División:	Teleostei
Subdivisión:	Euteleostei
Superorden:	Acanthopterygii
Serie:	Percomorpha
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Superfamilia:	Percoidea
Familia:	Lutjanidae
Subfamilia:	Lutjaninae
Género:	<i>Lutjanus</i>
Especie:	<i>Lutjanus guttatus</i>

4.1.2 Distribución geográfica y hábitat. “El pargo manchado es una especie que se encuentra altamente distribuida en América, desde el Golfo de California en México hasta el Perú”¹⁰. “En Colombia Es la especie más abundante del genero *lutjanus* y se ha observado en Isla Gorgona (Muelle, Horno, playa Blanca), Ensenada de Tumaco, Bahía Guapi, Punta Coco, Golfo de Tortugas, Yorumanguí, río Raposo, bahía Málaga

⁹ GAMBOA, Hernando y VALVERDE, Juan. Aspectos básicos para la reproducción inducida del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*, Steindachner, 1869). En: Reproducción de peces en el trópico (edit: DAZA, P., LANDINES, M., SANABRIA, A). Bogota: Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER y Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2005. p. 231.

¹⁰ CHICAS, Francisco; Maravilla, Erick y Rojas, José Rodrigo. Hábitos alimentarios del pargo manchado *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbanos y Puerto La Libertad, El Salvador. En: Revista de Biología Tropical. El Salvador: Universidad de El Salvador, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Vol. 52, No. 1, (Noviembre, 2004). p. 163.

(Curinchichi, La Muerte), Boca Charambira, Cabo Manglares y Ensenadas de decampado a profundidades de 0.5 a 20 brazas” (Rubio¹¹); además existen en el océano pacifico diversas especies pertenecientes a la familia lutjanidae como son *Lutjanus jordani* (Gilbert), *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert), *Lutjanus aratus* (Gunther), *Lutjanus argentriventris* (Peters), *Lutjanus guttatus* (Steindachner 1869), que es conocido como pargo manchado o pargo lunarejo siendo esta ultima la mas comercializada.

Los adultos habitan sobre fondos rocosos y arenosos de profundidades medias a bajas; la mayor actividad de esta especie es en horas de la noche, durante el día ellos se refugian entre rocas; las larvas y juveniles son comunes en zonas estuarinas aledañas a los manglares o en charcos intermareales de fondos arenosos. Se han observado larvas y juveniles en los primeros meses del año Febrero – Abril y Agosto –Septiembre en salinidades bajas (10%).

4.1.3 Hábitos alimenticios del pargo lunarejo. Son notables los cambios ontogénicos en la alimentación de *L. guttatus* en el transcurso de su vida. Los juveniles (15.8-22.0 cm) consumen casi exclusivamente crustáceos. Con el crecimiento incrementa la proporción de peces en su dieta, llegando los adultos a ser ictiófagos exclusivos. Según las investigaciones realizadas por Chicas¹² en los Cóbano y Puerto de La Libertad en El Salvador, la especie *L. guttatus* es un pez depredador oportunista bentónico carnívoro y polífago, que consume crustáceos (animales de movimiento rápido) durante todo el año, esta característica alimentaría también se presenta en esta misma especie y que se encuentra en la costa pacífica colombiana, así como en Costa Rica, sin embargo en el salvador esta especie presenta una disminución de consumo de camarón.

En el ambiente la alimentación de las larvas de peces marinos se compone de complejas redes tróficas que van cambiando en función del crecimiento, la alimentación se basa en diatomeas, dinoflagelados, flagelados, tintínidos, ciliados, cladóceros, copépodos, huevos de bivalvos, quetognatos, lamelibranquios, gastrópodos, poliquetos, decápodos, otras larvas de peces, entre muchos otros tipos de organismos (Blaxter & Untar¹³). Es por esto, que para que las larvas aseguren su supervivencia deberán seleccionar una

¹¹ RUBIO, Efraín, Peces de importancia comercial para el Pacifico Colombiano. Centro de Publicaciones. Universidad del Valle. Cali, Colombia. p. 500. 1988.

¹² CHICAS, et., al. Op. Cit., p. 167.

¹³ BLAXTER, J,H,S & UNTAR, J,R. Rhe biology of clupeoid fishes.Citados por Civera_Ceredo, R; Álvarez González, C Y Moyano López, F. Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. Memorias del VII Simposium Internacional de nutrición acuícola. Hermosillo, Sonora, Mexico 2004. p.17.

presa de tamaño adecuado y de movimiento lento; además que la presa una vez ingerida sea fácil de digerir y que cubran sus requerimientos nutricionales mínimos.

Según Ronnestad, muchas especies marinas logran un crecimiento extremadamente rápido durante la etapa larvaria, por lo cual requieren grandes cantidades de aminoácidos para la producción de las proteínas que conformaran los tejidos durante el crecimiento y suplirán además la energía requerida para el metabolismo. Esta realidad es reflejada en el hecho de que el zooplancton que sirve de alimento en el medio natural contiene un alto nivel de proteína y aminoácidos libres. Por lo general se utilizan niveles de proteína del 55 al 60%¹⁴.

Un alimento de alto valor nutritivo precisa ser rico, principalmente en aminoácidos y ácidos grasos esenciales, dentro de otros elementos que favorecen el crecimiento y la sobrevivencia de las diferentes especies a ser cultivadas.

La dieta de peces debe ser balanceada y contener componentes alimenticios primarios (proteínas, carbohidratos y lípidos) en diferentes cantidades para las diversas especies de peces. Vitaminas y minerales también son necesarios para el crecimiento, sustentando la reposición y el crecimiento de tejidos.

4.1.4 Aspectos reproductivos del pargo lunarejo. Según Arellano-Martínez *et al*¹⁵, Existe una relación entre la duración de la temporada de reproducción, el tipo de desove y la latitud; Así, en las especies de latitudes altas, donde el período estival es corto, se observa que las especies presentan generalmente un período de desove corto y definido y un tipo de desove total.

A medida que se avanza hacia el Ecuador, es decir en latitudes correspondientes a las zonas subtropical y tropical, el período de reproducción de los peces es más prolongado, puede limitarse a una temporada más amplia pero definida con desoves parciales o puede durar todo el año, este último es el caso de *L. guttatus* el cual presenta un desarrollo asincrónico de las gónadas y es un desovador parcial. Aunque la actividad reproductiva esta presente todo el año se destacan dos periodos reproductivos principales que van de marzo a abril y de agosto a noviembre donde la gran mayoría de los peces se encuentran en estado de maduración y próximos al desove.

¹⁴ ALARCÓN, F. Y MARTÍNEZ, M. Fisiología de la digestión en larvas de peces marinos y sus aplicaciones al cultivo larvario en masa, 1998. P.15. (Disponible en internet, URL: www.revistaaquatic.com/art N:5).

¹⁵ ARELLANO-MARTINEZ, M; ROJAS-HERRERA ,A; GARCIA-DOMINGUEZ,F; CEBALLOS-VAZQUEZ, B Y VILLALEJO-FUERTE,M. Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindacher, 1869) en las costas de Guerrero, México. En: [www.revbiolmar.com/Revista de Biología Marina y Oceanografía volumen 36, N.1. \(Julio de2001\). p. 6](http://www.revbiolmar.com/Revista de Biología Marina y Oceanografía volumen 36, N.1. (Julio de2001). p. 6).

4.2 ASPECTOS PRODUCTIVOS DE LA ESPECIE

4.2.1. El cultivo de Lutjanidos en el mundo. El cultivo de diferentes especies de pargos (familia Lutjanidae) se realiza de manera experimental con relativo éxito en Asia y en algunos países americanos, como estados unidos, Martinica, Cuba y Venezuela, siendo una realidad comercial en Singapur, Filipinas y Tailandia, donde se cultivan en jaulas y estanques el pargo manglero *Lutjanus argentimaculatus* y el pargo dorado *L. johni* con excelentes resultados.

“En el pacifico mexicano se han realizado ensayos de reproducción y cría en tanques y jaulas para las especies *L. guttatus* y *L. argentiventris*. La cría larvaria de estas especies se ha realizado en forma exitosa utilizando rotíferos y copépodos como primer alimento, produciendo miles de juveniles para su engorde en la actividad comercial”¹⁶.

Según Apún *et al*¹⁷ los cultivos de estas especies aun no se han establecido en América latina, sin embargo se están realizando diferentes investigaciones en reproducción y alimentación. Países como México adelantan estudios en especies como el pargo amarillo *L. argentriventris*, el pargo colorado *L. colorado* y Costa Rica avanza en investigaciones de la especie pargo lunarejo *L. guttatus*.

“El Salvador es un país donde el interés comercial por los pargos supera los 20 años, sin embargo, se sabe que desde fines de 1970 se han realizado diversos intentos para el desarrollo del cultivo de especies de lutjanidos basados en especímenes mantenidos en el laboratorio, pero la mayoría de los experimentos no han tenido éxito, debido a la gran dificultad de criar larvas”¹⁸.

4.2.2 El cultivo de Lutjanidos en Colombia. A nivel nacional el cultivo de lutjanidos está empezando; según Botero y Ospina¹⁹ en el año de 1999 en la Corporación Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia – CENIACUA, se realizó un cultivo experimental con juveniles de pargo palmero *Lutjanus analis* con el fin de evaluar el potencial de crecimiento de la especie y su adaptabilidad a las condiciones de cautiverio obteniendo incrementos de peso diarios de 3.16 g/día, tasas específicas de crecimiento

¹⁶ GAMBOA, Hernando y VALVERDE, Juan. Op. Cit. p. 233.

¹⁷ APÚN, Juan Pablo; HERRERA, María Nancy; SANTAMARIA, Apolinar y SAUCEDO, Mirilla. Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. En: Revista de Biología Marina y Oceanografía. México: CIIDIR-Sinaloa, Vol. 40, No. 1, (Abril, 2005). p. 33.

¹⁸ CHICAS, *et al.* Op. Cit. p. 163.

¹⁹ BOTERO, J y OSPINA, J. F. Crecimiento de juveniles de pargo palmero *Lutjanus analis* (Cuvier) en jaulas flotantes en las Islas del Rosario, Caribe colombiano. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre 2004. p. 53.

de 1.06%/día y supervivencia del 97.6%, logrando concluir que esta especie presenta rápido crecimiento y alta tolerancia al cautiverio.

También Botero y Castaño²⁰ en el mismo centro de investigación (CENIACUA) se trabajo con un grupo experimental de tres hembras y cuatro machos adultos de pargo palmero capturados del medio natural, cuyo desarrollo gonadal había entrado en estado de latencia debido a su confinamiento en laboratorio para establecer un ciclo artificial de acondicionamiento para la maduración sexual en cautiverio manipulando temperatura, salinidad y fotoperíodo, obteniendo después de diez meses de ensayo que una de las hembras alcanzando estado III y posteriormente fue inducida a la maduración final y desove concluyendo que el ciclo de fotoperíodo artificial logro ser efectivo para desbloquear y estimular el desarrollo gonadal de los peces cautivos.

En el año 2002, el Ministerio de Agricultura, el Incoder, Plan Pacífico y la Asociación Colombiana De industriales y Armadores Pesqueros ACODIARPE iniciaron la construcción de una estación marina en el área de Bahía Málaga, Costa Pacífica Colombiana, con el objetivo de reproducir pargos y peces locales, criar sus larvas y evaluar su alimento inicial. Este programa inicio con el estudio de dos especies, el pargo lunarejo y el pargo amarillo los cuales fueron seleccionados para su mantenimiento y reproducción²¹.

Durante los siguientes años se han obtenido algunos protocolos de manejo y producción de larvas logrando alcanzar inicialmente una Supervivencia de 0.5% y posteriormente del 3.4%, hasta que en el año 2007, Gamboa *et al*²² realizaron un sistema de larvicultura en mesocosmos para el pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* logrando obtener una Supervivencia del 2% y en el año 2008 del 14% Posteriormente Morrillo²³ en el año 2009 tras lograr aislar el copépodo Calanoide *Parvocalanus crassirostris* logró determinar que el primer estadio naupliar de este presenta un tamaño adecuado para la

²⁰ BOTERO, J. Y CASTAÑO, F. Inducción de la madurez gonadal del pargo palmero *Lutjanus anales* (Cuvier) mediante la aplicación de un fotoperíodo artificial de acondicionamiento en el laboratorio. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre 2004. p.131.

²¹ GAMBOA, Hernando Y VALVERDE, Juan. Avances en la reproducción inducida en cautiverio del pargo lunarejo *Lutajus guttatus*, (Steindachner, 1869) y *Lutjanus argentriventris* (Peters, 1869), en la bahía de Málaga Costa Pacífica Colombiana. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre 2004. p. 36.

²² GAMBOA, H; PRIETO, M Y TORRES, G. El potencial de un sistema de mesocosmos como alimento vivo en larvicultura del pargo lunarejo *Lutjanus gutattus* (Steindachner, 1869) en la estación marina de Bahía Málaga-INCODER. Asociación Colombiana de Industriales y Armadores Pesqueros (ACODIARPE). Informe Final. Buenaventura, Colombia 2007.

²³ MORILLO, W. Evaluación del efecto de dietas alimenticias microalgales, en cultivos de copépodos calanoideos de Influencia en la estación acuícola bahía Málaga Buenaventura Colombia, 2010.

alimentación de esta especie (64 micras); y fue en el mismo año que Burgos & Yela²⁴ evaluaron el potencial del mismo obteniendo una Sobrevivencia de 7,56% manejando un fotoperiodo de 18 horas luz y 6 horas oscuridad a una salinidad de 20^o/∞.

4.3 LARVICULTURA DE PARGO LUNAREJO *lutjanus guttatus*

“Según Botero en la larvicultura de algunos peces marinos y en el caso del pargo lunarejo se puede emplear dos métodos: el de agua clara, que es utilizado ampliamente en occidente y el de agua verde o mesocosmos, utilizado en Asia el cual es uno de los mas usados porque por medio de este se han podido producir larvas de excelente calidad”²⁵.

4.3.1 Método tradicional de “agua clara”. Durante los dos primeros días de cultivo cuando las larvas han eclosionado comienzan a alimentarse de su saco vitelino y gota de aceite y durante este tiempo sólo se requiere tener aireación mínima, realizar sifoneo o extracción de larvas muertas y hacer un recambio diario del 20 %. A partir del día 3, se sigue realizando el sifoneo diario de larvas muertas y el recambio con agua microfiltrada; además se comienza a adicionar microalgas tales como: *Tetraselmis* sp, *Isochrysis* sp, *Nannocloropsis* sp o *Dunaliella* sp, o una mezcla de las mismas a los tanques hasta que el agua adquiera un color verde claro. Al agua verde se le puede agregar un poco de *Spirulina* sp disuelta y filtrada por malla de 100 micras para enriquecer más el medio.

Otra de las actividades importantes que se realizan a partir del día 3 es la adición de rotíferos (*Brachionus rotundiformis*) de cepa “ss” (súper small), enriquecidos con algún tipo de producto comercial como el Selco® para elevar los niveles de PUFA.

Después del enriquecimiento y antes de agregarlos al tanque de larvicultura deben ser filtrados por malla de 100 micras tratando de mantener una densidad mínima de 10 rotíferos/ mililitro en cada tanque de cultivo.

A partir del día 3 las larvas comienzan a consumir alimento y desde ese momento hasta el día 14 es necesario continuar con la rutina diaria de limpieza que incluye el sifoneo de larvas muertas y alimento no consumido, realizar reposición de microalgas y de rotíferos respectivamente. Es importante tener en cuenta que durante los días 8 y 9

²⁴ BURGOS, Y Y YELA, A. Efecto de diferentes fotoperiodos y salinidades sobre la larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindhachner, 1869) en la Estación Acuícola Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia. Trabajo de grado, Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en producción acuícola, , 2010. p. 48.

²⁵ BOTERO, Julián. Reproducción artificial de peces marinos. En: Reproducción de peces en el trópico. Bogota: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) y Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2005. p. 201-202.

después de la eclosión las larvas deben inflar su vejiga hidrostática y migran al fondo de la columna de agua, siendo más difícil verlas, razón por la cual es necesario tener especial cuidado cuando se realice el sifoneo utilizando un renovador de 400 micras el cual debe situarse en el extremo inicial del tubo de sifoneo para impedir que las larvas salgan al momento de la limpieza.

A partir del día 15 o dependiente el tamaño de la boca de la larva se agrega naúplios de *Artemia* disminuyendo la cantidad de rotíferos y manteniendo una densidad de 5,0 naúplios/mililitro; desde el día 18 en adelante la dieta solo se constituye de estadios avanzados de la misma.

A partir del día 30 se empieza el “destete” o “deshabitación de alimento vivo” proceso de acostumbrar a las larvas al consumo de alimento artificial utilizando micro encapsulado comercial y hacia el día 38 ya deben estar formados los alevinos listos para pasar a la etapa de “nursery” o cría.

Figura 2. Cultivo larval método de “agua clara”



4.3.2 Método del “mesocosmos”. “Este método consiste en proporcionar a las larvas presas suficientemente pequeñas y nutritivas que garanticen mayor calidad y supervivencia”²⁶.

Para obtener un sistema de mesocosmos el agua debe ser bombeada directamente del mar y recolectada en un tanque y, puede ser tratada con cloro en algunos casos, abonada con nitrato y fosfato; estos factores permiten el crecimiento de todos los organismos que se encuentren presentes en ella. Una vez se empieza a detectar organismos zooplanctónicos se procede a inocular algas *Tetraselmis* sp, *Nannocloropsis* sp o *Isochrysis* sp, como sustento alimenticio del zooplancton. Aquí la larvicultura se puede realizar de dos maneras: la primera por filtración del zooplancton de este tanque y

²⁶ BOTERO, Op, Cit, p. 202.

suministro a los tanques donde se encuentren las larvas; o la segunda, consistente en sembrar los huevos embrionados en el mismo tanque donde se ha producido el alimento, cuando se haya logrado una densidad de 0,5 a 1 copépodo/mililitro.

En algunos casos la calidad del zooplancton producido en el mesocosmos permite el buen crecimiento de las larvas, pero en otros, se hace necesaria la utilización de naúplios y adultos de *Artemia* para su completo crecimiento y desarrollo debido principalmente a que no se logra obtener cantidades adecuadas de zooplancton.

“Sin embargo cuando se logra obtener altas cantidades de zooplancton este método ha permite obtener mejores resultados en cuanto a sobrevivencia y calidad de larvas debido principalmente a que proporciona gran cantidad y variedad de presas pequeñas de excelente perfil bromatológico en cuanto al contenido de ácidos grasos y aminoácidos”²⁷.

Figura 3. Cultivo larval metodo de “mesocosmos”



4.4 ALIMENTO VIVO

En la acuicultura, el alimento vivo es el grupo de organismos que componen el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual constituye la unidad básica de producción del material orgánico en los ecosistemas acuáticos. La importancia del plancton en piscicultura marina es mayor en las fases de larvicultura y alevinaje, siendo su importancia independiente de la estrategia alimenticia del pez durante su vida adulta.

²⁷ PRIETO, M *et al.* Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos. En: Revista MVZ Córdoba, enero – junio, año/vol.11, suplemento 1. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. P. 32.

La composición bioquímica del alimento vivo es importante para los peces, debido a que contiene la mayoría de los elementos nutritivos que garantizan la sobrevivencia y el óptimo desarrollo de las postlarvas, además de servir como base para la formulación de dietas experimentales para peces debido a sus contenidos en ácidos grasos esenciales, altos niveles de proteína de excelente calidad, fuentes importantes de vitaminas, minerales y enzimas necesarias para el crecimiento y sobrevivencia de las larvas el alimento vivo es la mejor opción para la nutrición de las mismas . “Otras características que justifican su empleo en la larvicultura de peces son sus bajos efectos sobre la calidad del agua utilizada en concentraciones adecuadas y el gran estímulo del comportamiento predatorio que despierta en la larva por su movilidad Natural”²⁸.

Según Chicas *et al*²⁹, la alimentación de las larvas de peces marinos es la más compleja entre los organismos de cultivo, debido a que se requieren desde las primeras etapas postlarvales, pues hasta el momento no ha sido posible su sustitución por alimentos artificiales, por requerir varios grupos de especies y estadios de organismos en la trama alimentaria (microalgas, rotíferos, copépodos, *Artemia*, Cladóceros, etc.), para alimentar larvas generalmente muy pequeñas con bocas proporcionalmente pequeñas, que requieren presas de 50 - 100 µm en las primeras etapas.

Castro *et al*³⁰, afirman que en el cultivo de organismos acuáticos es importante la nutrición y aunque hoy en día se observa en el mercado gran variedad de alimentos balanceados para especies acuícolas, principalmente para peces y crustáceos, con frecuencia se observa que estos no tienen el contenido nutritivo que las especies requieren para su crecimiento óptimo, principalmente en sus primeras etapas de vida.

El alimento vivo tiene cualidades que no tiene un alimento inerte, como es el movimiento, que estimula ser atrapado por el depredador; el color, que es atractivo para su captura; la calidad nutritiva ya que, los organismos que se aprovechan como alimento y que se cultivan, contienen la cantidad y la calidad de nutrimentos indispensables para el adecuado crecimiento de las especies en el agua. Por otra parte, el alimento vivo tiene la cualidad de no afectar la calidad del agua, debido a que este es consumido antes de que llegue al fondo, sin causar ningún tipo de descomposición, a diferencia del alimento inerte, que si no tiene buena flotabilidad, (o sea que permanezca por un periodo considerable en la superficie) se ira al fondo, donde se descompone y afecta al medio, causando a veces una mortalidad total en el estanque.

²⁸ PRIETO *et al.* Op. cit. p. 31.

²⁹ CHICAS, *et., al.* Op. Cit., p. 167.

³⁰ CASTRO, Thalia, *et al.* Alimento vivo en la acuicultura. En: Contactos. Xochimilco: Editorial: División de CBS. UAM, Vol. 48, (abril 2003). p. 27.

4.4.1 Microalgas. En acuicultura, se definen como el primer eslabón de la cadena trófica por ser organismos autótrofos obligados, es decir requieren de la energía proveniente de la luz para realizar sus procesos biológicos. En tal sentido, al simular (o mejorar si es posible) las condiciones naturales (o ideales) donde crecen es posible realizar su cultivo en condiciones semi-controladas o controladas totalmente, para lograr de esta forma obtener de ellas una biomasa tal que permita usarlas como alimento para organismos pertenecientes al siguiente nivel de la cadena trófica que son los herbívoros. Dentro del grupo de las microalgas algunas son ampliamente utilizadas en acuicultura por sus excelentes características, tales como tamaño adecuado, contenido proteico y lipídico (perfil de ácidos grasos), contenido de vitaminas y pigmentos.

Para elegir una microalga para cultivo se debe tener en cuenta criterios como: potencial del cultivo, fácil manejo, tamaño apropiado, digestibilidad celular y valor nutricional de la especie. Además de los anteriores también describe ciertos beneficios que se presentan al interior de un cultivo de tipo agua verde tales como:

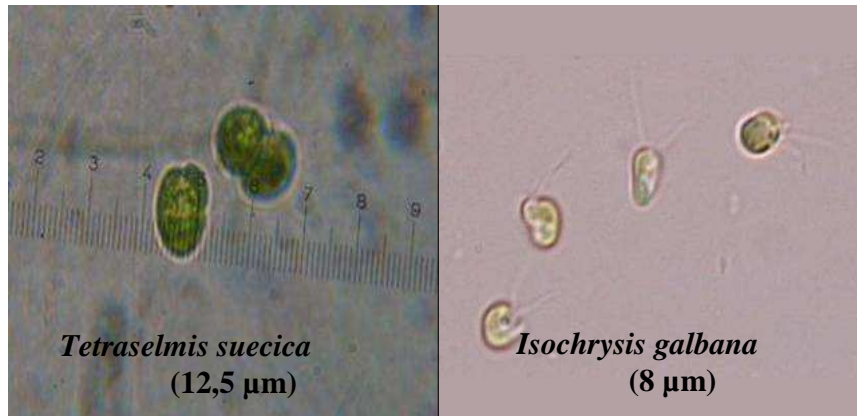
- Estabilidad en la calidad del agua en sistemas estáticos removiendo metabolitos y produciendo oxígeno.
- Fuente directa de alimento para las larvas.
- Fuente indirecta de nutrientes para larvas a través e presas vivas, cuyo valor nutricional se mantiene gracias al uso de microalgas.
- Mejoran el contraste visual y la dispersión de la luz en el estanque de cultivo, generando mayor ingesta de alimento³¹.

Según Álvarez y Hernández³², otro aspecto importante para el uso de microalgas radica en la selección de la especie debido principalmente a su composición química, especialmente de los PUFA, particularmente del EPA, el DHA y el ARA, los cuales son esenciales para un buen crecimiento, supervivencia, buen desarrollo de la vejiga de los gases, metamorfosis sin dificultades, adecuada pigmentación, mantenimiento mecánico, osmótico estables de las células y resistencia al estrés de las larvas.

³¹ VÉLEZ, Antonio, Producción de Alimento Vivo para Hatchery de Peces Marinos. En: Conferencia Internacional Aqua Sur Chile: s.n.e, Marzo 2002. En: URL: www.aquasur.cl.

³² ÁLVAREZ, L Y HERNÁNDEZ M. Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro de América Latina y el Caribe: Diseño, operación y tecnologías. En: www.was.org. p. 14.

Figura 4. Microalgas usadas en acuicultura marina



4.4.2 Artemia. Según Sipaúba *et al*³³ *Artemia* es un crustáceo de unos 8-12 mm de longitud que se encuentra en lagos o salinas donde la salinidad del agua es de tres a diez veces superior al agua de mar. Esta adaptación le permite verse libre de múltiples depredadores marinos alcanzando densidades de población muy elevadas. Alcanza la madurez a los diez-catorce días, las hembras ponen huevos que según las condiciones ambientales están provistas de una gruesa corteza (cistes) o tienen una corteza muy fina. La cantidad de huevos por cada puesta oscila entre 50-200 y ocurre cada cuatro-seis días, según la especie. El tamaño de los huevos es de 200-270 µ de diámetro.

4.4.2.1 Clasificación sistemática³⁴

Phylum:	Artropoda
Clase:	Crustacéa
Subclase:	Braquiopoda
Orden:	Anostraca
Familia:	Artemidae
Genero:	<i>Artemia</i> (Leach, 1819)

³³SIPAÚBA TAVARES, Lúcia; ROCHA, Odette. Producao de plancton (fitoplancton e zooplancton) para alimentacao de organismos acuáticos. Rima Editora. San Carlos, Sao Pablo Brasil. 2003. p. 11-12-13.

³⁴ SORGELOOS, P, *et al.* Manual para el cultivo y uso de *Artemia* en acuicultura. Centro de referencia de Artemia, Rozier 44, B_9000 Gent, Belgica. Programa Cooperativo Gubernamental FAO-Italia. En: www.fao.org/docrep/field.

Figura 5. Naúplio de *Artemia* sp



El animal dentro del quiste puede permanecer durante varios años hasta que se den las condiciones necesarias para la eclosión, después de lo cual el animal se desarrolla normalmente. Esta capacidad de formar huevos resistentes es lo que ha hecho que la *Artemia* sea el animal zooplanctónico más cultivado, ya que permite mantener un alimento vivo en condiciones excepcionales de conservación, transporte, almacenamiento, etc.

Rollefsen (1939), citado por Álvarez y Hernández³⁵ descubrió que los naúplios de la *Artemia* eran un alimento vivo fácil de obtener y aceptable para las larvas de peces. Es un organismo excelente como alimento vivo por tener una serie de características apropiadas, tanto biológicamente como para su cultivo y utilización en larvicultura, sobre todo por la facilidad de manipular debido a que produce quistes que son los huevos durmientes deshidratados y pueden ser almacenados convenientemente durante largo tiempo para ser utilizados según las necesidades; estos quistes son pequeños, de color marrón, tienen entre 200 - 300 μm de diámetro y su calidad depende en mucho de la procedencia de la cepa. Para obtener sus naúplios, basta incubarlos por 24 - 48h en condiciones sencillas.

Sin embargo, Con excepción de los naúplios pequeños y con alto contenido de PUFA anteriormente descritos, los otros estadios de *Artemia* deben suministrarse enriquecidos al igual que los rotíferos, para mejorar así su calidad para la nutrición desde el punto de vista de la composición química, especialmente en lo que se refiere a los PUFA y a que la mayoría de las cepas de *Artemia* tienen un bajo contenido de ellos, por lo tanto se pretende elevar al máximo los niveles de estos PUFA en el menor tiempo posible y mientras mayor sea el tiempo empleado en un intervalo de 48 horas, en general se

³⁵ ALVAREZ, L y HERNANDEZ, M. Op. Cit. p. 200.

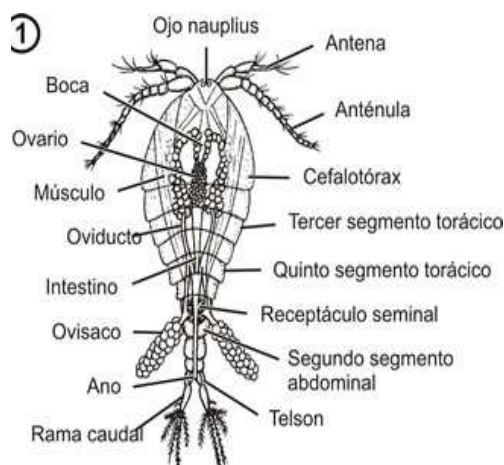
alcanzan niveles superiores de PUFA, pero mayor es la talla de la *Artemia* y más avanzado tendrá que ser el estadio larval que podrá alimentarse con la misma, la cual aumenta su tasa de natación y dificulta más su captura por parte de las larvas de peces.

4.4.3 Copéodos. Son una subclase de crustáceos maxilópodos de tamaño muy pequeño, muchas veces microscópicos, muy abundantes tanto en agua dulce como salada. Según Rippingale & Payne³⁶, miden entre 1 y 2 mm, además son muy diversos y representan a los metazoarios mas numerosos de la comunidad acuática.

4.4.3.1 Características generales. Brandford³⁷ realiza la siguiente descripción:

El cuerpo es alargado, casi cilíndrico, más ancho en la parte delantera. La cabeza, cuyo extremo suele ser redondeado, tiene un ojo Naúplio bien visible y dos antenas primarias largas y perpendiculares al cuerpo. El tórax está formado por seis segmentos y la cabeza se encuentra fusionada al primero y a veces también con el segundo; el primer par de apéndices funciona como maxilípedo y los restantes se emplean en la locomoción; son birrámeos y tienen una placa de unión entre las dos ramas para que batan acompasadamente. El abdomen, formado por 5 segmentos más estrechos que los torácicos, carece de apéndices excepto las ramas caudales que forman el telson final.

Figura 6. Vista dorsal de un copéodo.



Fuente: www.asturnatura.com/articulos/artropodos/copepod.php

³⁶ RIPPINGALE R & PAYNE M. Intensive cultivation of a calanoid copepod *Gladioferens imparipes* a guide to procedures. En: URL: <http://www.aims.gov.au/pages/research/hatchery-feeds/pdf/copepod-culture-manual.pdf>. 2001. p.60.

³⁷ BRADFORD, G. Key to calanoid copepod families. en: URL: <http://crustacea.net>. National Institute of Water and Atmospheric Research. Wellington New Zealand. 2002.

El mismo autor menciona que la alimentación de los copépodos es muy variada; las especies planctónicas se alimentan de fitoplancton, el cual constituye su principal elemento en la dieta. Seleccionan del alimento en primer lugar las presas más grandes al ser más fáciles de manipular; mediante sus antenas y apéndices corporales crean corrientes de agua que discurren por la zona ventral con alimento, el cual es tratado por las sedas de los apéndices alimenticios hasta llegar a la boca.

Para la locomoción utilizan las segundas antenas y los apéndices torácicos, variando su importancia entre los diferentes grupos. Las primeras antenas se utilizan para frenar el movimiento, generalmente para retardar el hundimiento actuando a modo de paracaídas, especialmente en los periodos en los que se está alimentando. Una característica de los copépodos es su movimiento en la columna de agua; muchas especies presentan migraciones verticales, ya que durante el día, cuando más luz hay, se encuentran en capas inferiores y al llegar la noche realizan un ascenso a capas superficiales. Jaume *et al*³⁸ afirman que en general la reproducción de los copépodos es sexual, los machos son más pequeños que las hembras y son más numerosas siendo estos algunos de los pocos crustáceos pequeños que forman espermatóforos de modo que el extremo inferior del espermiducto está modificado para tal fin.

Además los mismos autores mencionan que el aparato reproductor lo integran en ambos sexos un par de gónadas, gonoductos y aperturas genitales abriéndose estas últimas en la región postero-ventral del segmento genital. Los mismos autores manifiestan que el aparato reproductor femenino es especialmente complejo; cada uno de los orificios genitales esta cubierto por su correspondiente sexta pata (opérculo genital) modificada para tal fin, en cada orificio genital que no es más que una depresión cuticular que se abre un poro copulador donde el macho sitúa el espermatóforo durante el apareamiento.

En los machos la estructura del aparato reproductor es mucho más simple, cada testículo se conecta con su correspondiente gonoporo a lo largo del cual se forma el espermatóforo. El gonoporo se abre en el orificio genital, protegido por su correspondiente sexta pata.

Según Berger & Maier³⁹ existen ciertas diferencias en cuanto a algunos aspectos reproductivos de los diferentes órdenes, las hembras de copépodos cyclopoides y harpacticoides a diferencia de la mayoría de los calanoides pueden almacenar el esperma y fertilizar varias cargas de huevos desde una sola inseminación, siendo la reinseminación innecesaria, además la liberación de los huevos es diferente en los tres ordenes por ejemplo en la mayoría de los cyclopoides y harpacticoides los huevos son liberados y envueltos en uno o dos sacos adheridos al genosegmento del urosoma en los

³⁸ JAUME, D *et al.* Curso práctico de Entomología. Copépodos. IMEDEA, Instituto Mediterraneo de Estudios Avanzados, Departamento de Fisiología y Zoología. Sevilla España: Esporles, 2000. p.303.

³⁹ BERGER, I, MAIER G. The mating and reproductive biology of the freshwater planktonic calanoid copepod *Eudiaptomus gracilis*. Freshwater Biology. California: Mc Graw Gill, 2001. p. 94.

cuales son incubados hasta la eclosión a diferencia de los calanoides que liberan los huevos directamente en el medio en donde eclosionan.

4.5 IMPORTANCIA DE LOS COPÉPODOS

“Son de gran importancia en ambientes marinos, siendo la principal fuente de alimento para algunas larvas de peces marinos y otros animales”⁴⁰. Según Álvarez⁴¹ utilizan en muchos casos como primer alimento por el tamaño pequeño de sus naúplios y copepoditos, su valor para la nutrición alto y los buenos resultados que se alcanzan y en otras ocasiones facilitan el paso de la alimentación con rotíferos a la de naúplios de *Artemia*, como un alimento intermedio y también simultáneo con la *Artemia* e incluso como un excelente sustituto de ésta. Tienen alto valor para la nutrición, dado por su composición química, que varía con la dieta. En general tienen altos niveles proteicos (44 - 52%), de aminoácidos libres y de PUFA; poseen antioxidantes naturales para la protección de los mismos; Debido a su alto valor para la nutrición, se eleva la resistencia de las larvas al estrés y por ello se logran altas supervivencias.

Los copépodos presentan todas estas características, además de encontrarse presentes en una gran variedad de hábitats. Otras ventajas de los copépodos están relacionadas con el alto contenido de ácidos grasos esenciales y antioxidantes naturales, así mismo se ha demostrado que tienen la capacidad para desaturar y alargar las cadenas de los ácidos grasos de cadenas cortas. En diversos experimentos, los copépodos han presentado mayor cantidad de ácidos grasos esenciales (ácido docosahexanoico DHA y ácido eicosapentanoico EPA), demostrando una superioridad nutricional sobre *Artemia* y rotíferos; estos ácidos grasos, además de proporcionar energía, estimulan el crecimiento y sobrevivencia en los primeros estadios de diversas especies marinas de alto valor. Estos ácidos grasos, además de proporcionar energía, estimulan el crecimiento y sobrevivencia en los primeros estadios de diversas especies marinas de alto valor comercial (Stottrup *et al*)⁴².

Según Álvarez⁴³ otras tras buenas características de los copépodos son sus movimientos natatorios característicos que constituyen estímulos visuales para las larvas, tienen un

⁴⁰ RIPPINGALE, R & PAYNE M. Intensive cultivation of a calanoid copepod *Gladioferens imparipes* a guide to procedures. Department of Environmental Biology, Curtin University of Technology, Perth, Australia 2001;60. Disponible en: URL: <http://www.aims.gov.au/pages/research/hatchery-feeds/pdf/copepod-culture-manual.pdf>

⁴¹ ALVAREZ-L. I Bid p p. 205.

⁴² STOTTRUP *et al*. Production and use copepods in marine fish larviculture. Citados por Puello-Cruz, A; Gonzalez, B y Garcia, A. Investigación en producción y uso de copépodos en larvicultura marina. CIAD, Centro de investigación en Alimentación y desarrollo. Unidad en acuicultura y manejo ambiental, Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 2008. P. 93. disponible en: www.sciencedirect.com.

⁴³ ALVAREZ-L. I Bid. p. 205.

alto contenido de enzimas digestivas e incrementan la tasa de alimentación con los correspondientes incrementos en la supervivencia y el crecimiento.

Diversos autores han demostrado que la inclusión de copépodos aún por un periodo corto en el cultivo larvario de peces marinos asegura un desarrollo normal, con mejoras en el crecimiento y supervivencia reduciendo notoriamente la ocurrencia de enfermedades, malformaciones y pigmentación anormal⁴⁴.

“Existen tres órdenes principales de copépodos de vida libre, Calanoida, Harpacticoida y Cyclopoida los cuales pertenecen a la infraclase Neocopepoda, la cual esta dividida en dos superórdenes. Los calanoides pertenecen al superorden Gymnoplea; mientras que los harpacticoides y cyclopoides al superorden Podoplea”⁴⁵.

Aunque los copépodos Cyclopoides no han sido de mucha utilidad para su uso en larvicultura debido específicamente a su comportamiento carnívoro y a que algunas especies son consideradas como parásitos, recientemente se han realizado estudios empleando microalgas como principal fuente alimenticia demostrando algunos estudios que especies como *Oithona* y *Apocyclops* han resultado relativamente fáciles de cultivar.

Su H., *et al* (2005)⁴⁶, describieron las características morfológicas y ambientales tales como temperatura, salinidad y el efecto de los tipos de alimento para mejorar la producción en el cultivo de un copépodo cyclopoide marino *Apocyclops royi* Como alternativa para la alimentación para algunas especies de peces marinos.

Lee *et al* (2006)⁴⁷, realizaron ensayos de alimentación con dietas monoalgales y dietas combinadas para el copépodo cyclopoide *Paracyclopina nana* obteniendo como resultado que una de las dietas combinadas (*T. suecica* + *I. galbana*) fue la dieta más recomendable para este copépodo, alcanzando una densidad de 267 individuos/hembra⁻¹ en un ciclo de 18 días.

⁴⁴ PUELLO. I Bid p p. 205.

⁴⁵ GIESBRECHT, W. Die freilebenden Copepoden der Kieler Foehrde.—VI. Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchungen der Deutsche Meere 1882. p. 132.

⁴⁶ SU, H; Cheng, S; Chen, T y Su, M. Culture of copepods and applications to marine finfish larval rearing in Taiwan. In COPEPODS in ACUACULTURE. Blackwell publishing, 2005. P. 184.

⁴⁷ LEE, K, *et al*. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. En: Aquaculture 2006; vol. 6. p. 256.

Ruiz & Jiménez (2007)⁴⁸ reportaron cultivos experimentales a 10 L con el copépodo cyclopoide *Cyclopina* sp utilizando combinaciones entre las microalgas *T. suecica* e *Isochrysis* galbana alcanzando una densidad de 24 cop.ml⁻¹ en 9 días de cultivo.

Hernández & Álvarez (2003)⁴⁹ realizaron un policultivo del copépodo cyclopoide *Oithona oculata* y el rotífero *Brachionus rotundiformis*, en tanques de 2.5 m³ alimentados con *Nannochloropsis oculata* y levadura de panificación, obteniendo un promedio de 5 cop.ml⁻¹. También, alimentando solo con *N. oculata*, en 20 m³ alcanzaron 7 cop.ml⁻¹, y en un monocultivo, una mezcla de las microalgas *Chaetoceros ceratosporum*, *Tetraselmis tetrathele*, *Chlorella* spp, *Dunaliella tertiolecta* y *N. oculata* alcanzaron 13 cop.ml⁻¹ en 1 m³. Representando de esta manera el potencial que pueden tener algunos copépodos cyclopoide, teniendo en cuenta el alcance en cultivo y el suministro de naúplios planctónicos para larvas de peces marinos.

Torres (2008)⁵⁰, desarrolló un sistema de cultivo masivo para los copépodos cyclopoide marinos *Oithona* sp y *Cyclopina* sp en tanques de 1 m³ alcanzando altas densidades de cultivo, obteniendo las mayores producciones utilizando el copépodo *Cyclopina* sp, que alcanzó 20 millones de copépodos diarios, empleando una batería de 7 tanques de 1 m³ que contenía y la microalga *Tetraselmis suecica*.

Álvarez *et al* 1998⁵¹, afirman que las especies adecuadas para alimentación larval pueden ser aquellas euriplásticas pelágicas de ciclos de vida cortos, alta capacidad reproductora, corto tiempo de generación y que puedan alimentarse de diferentes fuentes de alimentos, que puedan alcanzar y mantener altas concentraciones de biomasa especialmente microalgas y para ello recomiendan a *Oithona* spp, copépodo Cyclopoide muy bueno para el policultivo con rotíferos, muy resistente, con ciclo de vida corto, numerosas puestas de huevos y de amplia distribución geográfica, por lo que es muy abundante; siendo excelentes sustitutos de los naúplios de *Artemia*.

Puello, *et al*,(2008)⁵², realizaron una investigación en producción y uso de *Tisbe monozota* un copépodo Harparticoide bentónico y *Pseudodiaptomus euryhalinus* un

⁴⁸ RUIZ, J & JIMÉNEZ, C. Aspectos reproductivos y cultivo experimental del copépodo ciclopoide marino *Cyclopina* sp. [Trabajo de grado] Montería (Col); Universidad de Córdoba; 2007.

⁴⁹ HERNÁNDEZ, M & ALVAREZ L. Culture experiments with *Oithona oculata*, (Copepoda: Cyclopoida), and its advantages as food for marine fish larvae. En: Aquaculture 2003. vol.15. p. 83.

⁵⁰ TORRES, G. Cultivo experimental de los copépodos marinos *Oithona* sp y *Cyclopina* sp. Tesis de grado. Montería, Universidad De Córdoba, Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia Departamento De Ciencias Acuícolas, , 2008. p. 23.

⁵¹ ALVAREZ & HERNANDEZ, op. Cit. p. 209.

⁵² PUELLO, *et al*. Op. Cit. p. 90.

Calanoide pelágico, en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de la Acuicultura CIAD, en Mazatlán México, presentando ambas especies valores superiores en contenido proteico y de lípidos totales, así mismo, presentan gran adaptabilidad a condiciones controladas de cultivo, toleran el manejo, presentan ciclos de vida cortos, gran producción de huevos, elevada fecundidad, eclosión y supervivencia. Produciendo actualmente entre 1.46 y 3.93 organismos/ml diariamente en tanques de 300 litros con expectativas de elevar la producción al incrementar los volúmenes empleados. Ambas especies de copépodos han sido usadas exitosamente como alimento vivo para larvas de botete diana (*Spherooides annulatus*) y pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) mejorando supervivencias y crecimiento.

Torres *et al*⁵³ (2007), realizaron un sistema de larvicultura en mesocosmos para el pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* con los rotíferos *Brachionus rotundiformis* S y SS más el copépodo *Cyclopina* sp, reportando que las larvas de pargo realmente prefirieron los naúplios de copépodos a los rotíferos, además de que fueron capaces de consumir y digerir los primeros estadios naúpliales de este copépodo; sin embargo, también establecieron una baja digestibilidad de los últimos estadios naúpliales del copépodo *Cyclopina* sp para la primera semana de vida del pargo lunarejo. Mas aun, La baja digestibilidad de algunos copépodos cyclopoides puede ser debido, entre otros aspectos, al poco desarrollo del sistema digestivo de algunas larvas en los primeros días de vida. No obstante, este tipo de copépodos puede convertirse en una buena fuente de alimento vivo para las larvas durante el desarrollo (aparición de vejiga, aletas, flexión de la notocorda y maduración del tracto intestinal), momento importante en el cual la larva pasa de consumir rotíferos a grandes naúplios de *Artemia*.

Los mismos autores refieren que los últimos estadios naúpliales, copepoditos y adultos del copépodo *Cyclopina* sp fueron suficientes para mantener las larvas de pargo después de 15 dpe, los cuales fueron completamente digeridos. Esto ultimo es muy interesante teniendo en cuenta que existen registros de la biología y cultivos experimentales de *Cyclopina* sp (Ruiz & Jiménez, 2007, citados por Torres⁵⁴) al igual que cultivos a gran escala los cuales establecen el gran potencial que tiene esta especie en cultivo. Más aún, este copépodo podría llegar a reemplazar parcial o totalmente la utilización de naúplios de *Artemia*, teniendo en cuenta que hay un creciente interés en crear alternativas que reemplacen este alimento tradicional en larvicultura marina.

⁵³ GAMBOA, H; PRIETO, M Y TORRES, G. El potencial de un sistema de mesocosmos como alimento vivo en larvicultura del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la estación marina de Bahía Málaga-INCODER. Asociación Colombiana de Industriales y Armadores Pesqueros (ACODIARPE). Informe Final. Buenaventura, Colombia 2007.

⁵⁴ TORRES, G. Op. Cit. p.24.

4.6 GENERALIDADES DE *Cyclopina* sp

Según Torres⁵⁵ El copépodo *Cyclopina* sp pertenece a la familia Cyclopinidae, siendo conocidos en aguas marinas superficiales y salobres (Ivanenko & Defaye, 2004, citados por Torres, 2008⁵⁶). En recientes estudios se ha establecido la capacidad que tiene éste copépodo para utilizar microalgas como principal fuente alimenticia, especialmente microalgas móviles tales como *Tetraselmis suecica* e *Isochrysis* sp, debido a que han generado los mejores resultados en cultivos a escala de laboratorio. Posee naúplios consumibles por larvas de peces, presentan gran tolerancia al manejo, cultivo y variaciones de condiciones ambientales. Es una especie que se adapta bien al manejo de cepas y cultivo, siendo relativamente fácil de producir utilizando una dieta monoalgal logrando obtener en el cultivo de 12 m³ buenos parámetros productivos (20,5 copéodos/ml).

4.6.1 Clasificación sistemática.

Reino:	Animalia
Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Crustacea
Clase:	Maxillopoda
Subclase:	Copepoda
Infraclase:	Neocopepoda
Superorden:	Podoplea
Orden:	Cyclopoida
Familia:	<i>Cyclopinidae</i>
Genero:	<i>Cyclopina</i>
Nombre científico:	<i>Cyclopina</i> sp

Figura 7 a). Hembra de *Cyclopina* sp; b). Macho de *Cyclopina* sp



⁵⁵ TORRES, G. Op. Cit, p. 66.

⁵⁶ TORRES, G. Op. Cit. p.26.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la Estación Acuícola Bahía Málaga, perteneciente al Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Buenaventura, Valle del Cauca. (Figura 9).

La estación de acuicultura se encuentra ubicada en Bahía Málaga, en la región central de la costa del Pacífico Colombiano, jurisdicción del municipio de Buenaventura (Valle del Cauca) y su acceso es por vía marítima. El área de la estación es de 50x75 m², y se encuentra en la latitud Norte 3° 56' y 4° 05'N y longitud 77° 21' W, posee mareas semidiurnas y la diferencia entre las mareas altas y bajas sobrepasa los 4 m además es considerada una de las zonas más lluviosas del mundo presentando una precipitación anual superior a 6.000 mm alcanzando excepcionalmente los 8.000 mm, la temperatura del aire varía anualmente entre 24,9 y 25,8 °C y la humedad entre 88% (Julio) y 90,5 % (Noviembre). Presenta una temperatura en aguas superficiales entre 25,2 y 29,7 °C y salinidad de 25 y 33 ‰ de acuerdo con la variación de las mareas y el oxígeno disuelto en el agua presenta concentraciones relativamente elevadas, debido a la renovación continua de las aguas de la bahía por las mareas con valores que oscilan entre 3,2 y 5,7 mg/L(ICA⁵⁷).

Figura 8. Estación Acuícola Bahía Málaga



⁵⁷ Disponible en: www.ica.gov.co/getdoc/Estacion-de-Acuicultura-Marina-Bahía-Málaga.

Tabla 1. Promedio de los parámetros físico químicos del agua (en la succión) en la Estación Acuícola Bahía Málaga .

PARAMETRO	
Temperatura ambiente	25.35
Temperatura del agua	27.45
O₂ mg/l	4.45
Salinidad	27.5
pH	7.8

(Fuente: Registros Estación Acuícola Bahía Málaga)

5.2 PERIODO DE ESTUDIO

El tiempo total para la obtención de la población de copépodos *Cyclopina* sp necesaria para iniciar esta investigación fue de 5 meses comprendidos entre los meses de julio a noviembre de 2009; y la duración del ensayo de alimentación con las dietas propuestas fue de 9 días, iniciando la alimentación de larvas el día 15 DPE y finalizando el estudio al 24 DPE.

5.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Para el desarrollo de esta investigación se empleó el siguiente material biológico:

- Una cepa de copépodos *Cyclopina* sp proveniente del laboratorio de alimento vivo de la Universidad de Córdoba.
- 200 g de quistes de *Artemia* sp
- 1800 larvas de pargo lunarejo de 15 días post eclosión con un peso promedio de 2.46 mg. y una longitud promedio de 5.4 mm, obtenidas mediante una inducción a la reproducción realizada en la estación acuícola.

5.4 TRATAMIENTOS

En la presente investigación se evaluaron tres tratamientos con tres replicas distribuidos de la siguiente manera:

T₁: Naúplios de *Artemia* sp a 2 ml⁻¹

T₂: copéodos *Cyclopina* sp a 2.ml⁻¹

T₃: Copéodos *Cyclopina* sp a 1 ml⁻¹ + Naúplios de *Artemia* sp a 1 ml⁻¹

5.5 INSTALACIONES

Las instalaciones que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación fueron:

- Laboratorio para el cultivo de copéodos en interiores
- Sala de cultivos masivos de copéodos
- Sala de maduración de reproductores y desoves
- Sala de larvicultura

Figura 9. Instalaciones utilizadas en el desarrollo de la investigación. a). laboratorio de copéodos interiores; **b).** sala de cultivos masivos de copéodos; **c).** sala de maduración de reproductores y **d).** sala de larvicultura.



5.5.1 Materiales, insumos y equipos

- Papel secante
- Cajas petri
- Pipetas plásticas de 1 ml
- Botellas de vidrio de 250 ml.
- Recipientes plásticos de 3 litros
- Mangueras de 1/8 pulgadas
- Piedras aireadoras
- Tamices de 40, 100, 150, 200 y 500 micras
- Tanques cilíndricos en fibra de vidrio
- Tanques plásticos de capacidad 1000 litros
- Beakers de 200, 500 y 1000 ml.
- Baldes de capacidad 12 litros
- Manguera plástica de 2 pulgadas
- Renovador de 200 micras
- Tubo ½ pulgada para realizar sifoneo
- Malla de 40 micras
- Cloro
- Hiposulfito
- Emulsiones: HUFA PROTEIN®, selco, emulsión de scoth®
- Cámara digital Samsung. Zoom 700X.
- Refractómetro ATAGO N-1EBX
- Medidor de parámetros fisicoquímicos KASAI-SCHOTT- Herat GmdH Handylad multi 12/set
- Balanza gramera AND EK-1200 g; 0.1g
- Balanza analítica METTLER AE-203
- Microscopio NIKON ALPHA PHOT-2 YS2
- Estereoscopio LEICA ES-635 474
- Espectrofotómetro
- Cámara Sedgewick RAFTER CELL-S50 PYSER-SGI
- Bomba sumergible de 7,5 Hp, trifásica con diámetro de succión y de descarga de cuatro pulgadas.

5.6 PLAN DE MANEJO

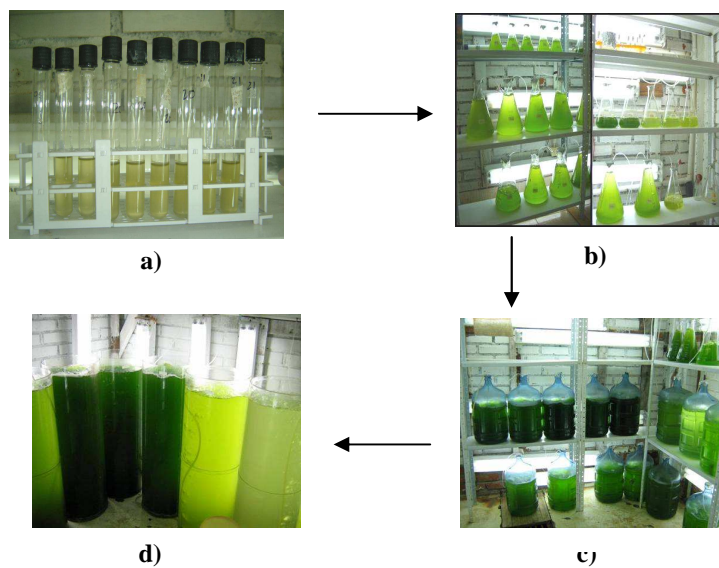
5.6.1 Adecuación de instalaciones. Tanto el laboratorio de cultivo de copépodos en interiores, la sala de cultivos masivos de copépodos y los tanques en fibra de vidrio de 250 litros en donde se realizó el ensayo fueron adecuados realizando labores de limpieza y desinfección de materiales y tanques utilizando cloro a una concentración de 5 ppm y posteriormente neutralizados con hiposulfito a la misma concentración del cloro, Para

luego poder ser utilizados; además se dotaron dichos espacios con los materiales necesarios para el cultivo.

5.6.2 Obtención de agua marina. Para realizar todos los procesos productivos de la estación se empleó agua de mar la cual proviene de la succión que realiza una motobomba centrífuga de 7,5 Hp, trifásica con diámetro de succión y de descarga de cuatro pulgadas con un caudal de entrada de $0,00044 \text{ m}^3 / \text{seg}$, la cual es conducida por una tubería de PVC de 2 pulgadas y pasa a un sistema de filtración de grava y arena que retiene las partículas más grandes y llega a un tanque reservorio de 100 toneladas. Posteriormente pasa por filtros de cartucho (Sweetwater by Aquatic Ecosystem, INC, carcasa FX B para FX) de 1, 4, 5 y $20 \mu\text{m}$ respectivamente (figura 11b). Una vez el agua pasa por todo el sistema de filtración es vertida en otro reservorio para ser utilizada en todos los procesos productivos.

5.6.3 Cultivo de microalgas. De acuerdo al protocolo de producción que se realiza en la Estación Acuícola Bahía Málaga_ICA (Anexo 1), para el desarrollo de esta investigación fue necesario realizar una producción escalonada de la microalga *Tetraselmis* sp, partiendo del manejo de cepas en tubos de ensayo, pasando por erlenmeyers de 500 ml y 3 litros, botellones 15 litros, cilindros de 90 litros (figura 10), hasta 2000 litros en cultivo masivo, nutriendo con medio F/2 de Guillard & Ryther (1962) modificado solamente para tubos de ensayo, 15, 90 y 2000 litros y medio de cultivo Conway para volúmenes de 500 ml y 3 litros.

Figura 10. Cultivo de microalgas en interiores: a). Tubos de ensayo, b). Erlenmeyers de 500 y 3000 ml, c). Botellones de 15 litros, d). Tanques cilíndricos de 90 litros.



El agua que se destinó para el manejo de cepas (desde 10ml hasta 3 litros) fue tratada con cloro a una concentración de 10 ppm (ingrediente activo), neutralizada con hiposulfito y esterilizada mediante el uso de una autoclave (CE 0434 ESSEN). Con excepción de los tubos de ensayo todos los volúmenes a partir de 500 ml en adelante fueron mantenidos con luz utilizando lámparas fluorescentes de 40 vatios y aireación constante. La temperatura se mantuvo a 24° C con la ayuda de aire acondicionado. Los cultivos masivos de 2000 litros fueron situados en áreas exteriores bajo un techo de plástico transparente y con fotoperiodo natural (figura 11).

Figura 11. Cultivo de microalgas en exteriores (Tanques de 2000 litros).



5.6.4 Cultivo de copépodos cyclopoides *Cyclopina* sp. Para el desarrollo de esta investigación se empleó una cepa de copépodos cyclopoides *Cyclopina* sp que ya se encuentra adaptada a condiciones de laboratorio proveniente del laboratorio de alimento vivo de la universidad de Córdoba. Para dicho cultivo se empleó una modificación de la metodología propuesta por Torres⁵⁸, la cual consistió en realizar un cultivo escalonado desde un volumen de 3 litros hasta 3m³, pasando por 90 y 1000 litros, alimentando diariamente con *Tetraselmis suecica* cultivada en un sistema de volumen seriado cosechando tanques de cultivo de 2000 litros en la fase de crecimiento exponencial a una concentración de 1*10⁴ a 4*10⁴ células/ml.

5.6.4.1 Mantenimiento de cepas. Las cepas de copépodos se mantuvieron en botellas de vidrio de 4 litros con un volumen de 3 litros de agua de mar filtrada sin aireación y la microalga elegida para la alimentación, con una densidad inicial de 0.5 copépodos.ml⁻¹ para asegurar la presencia de hembras ovadas, machos y naúplios. Se realizó recambio de agua correspondiente al reajuste de la concentración de algas y limpieza de fondo a los recipientes; el tiempo de cultivo en cada volumen fue de 6 días, cumplido este

⁵⁸ TORRES. Op. Cit. p. 31.

tiempo se procedió a inocular el contenido de 6 botellas de vidrio en un tanque cilíndrico con capacidad de 90 litros (figura 12).

Figura 12. Cultivo de *Cyclopina* sp en volúmenes de 3 y 90 litros.



5.6.4.2 Cultivo masivo. Para iniciar el cultivo de *Cyclopina* sp en volúmenes mayores se procedió a inocular el contenido de un tanque cilíndrico de 90 litros en un tanque de 1000 litros (figura 13), realizando la alimentación de los copéodos de igual manera que con las cepas para que al cabo de 6 días lo producido en este volumen fuera inoculado finalmente en un tanque circular en fibra de vidrio de fondo blanco de capacidad 3000 litros (figura 13) hasta obtener la cantidad de copéodos necesaria para iniciar con el ensayo.

Figura 13. Cultivo de *Cyclopina* sp en volúmenes de: a).1000 litros y b).3000 litros.



5.6.5 Obtención de larvas. Una vez la cantidad de copépodos era la adecuada para iniciar el ensayo se realizó una inducción a la reproducción utilizando 1 hembra de un peso aproximado 500 g y 3 machos del mismo peso, usando una primera dosis de 1000 UI solo para la hembra de hormona HCG. Veinticuatro horas después se procedió a aplicar la segunda dosis de 500 UI tanto a la hembra como a los 3 machos. Posteriormente se ubicó a la hembra y a los tres machos en un tanque plástico de capacidad 1000 litros para que se realizara la liberación de los huevos y la fertilización de los mismos. La cantidad de huevos obtenida fue de 30000 los cuales se sembraron en un tanque en fibra de vidrio de capacidad 3 m³ y se alimentaron con el copépodo Calanoide *Parvocalanus crassirostris* durante los 14 días DPE. Después del 12 DPE, las larvas de pargo lunarejo eran revisadas diariamente con el fin de determinar la abertura bucal para establecer si eran capaces de consumir alimento de mayor tamaño.

5.6.6 Cosecha de larvas. Una vez las larvas alcanzaron una apertura bucal de 750 a 800 micras aproximadamente, se estableció que se podía comenzar a suministrar las dietas a evaluar (*Artemia* sp y *Cyclopina* sp) y luego se procedió a cosechar 1800 larvas de pargo lunarejo de 15 días DPE.

5.6.7 Larvicultura. Una vez cosechadas las larvas fueron sembradas en 9 tanques cilíndricos de capacidad 250 litros ubicando en cada tanque 200 larvas, manejando una densidad de 0.8 larvas/litro. Posteriormente se procedió a realizar la alimentación de las mismas con las dietas tratamiento durante 9 días. Durante este periodo se utilizó para la alimentación naúplios de *Artemia* sp y dos dietas de el copépodo *Cyclopina* sp, a razón de 1 y 2 organismos/ml⁻¹ respectivamente.

5.6.7.1 Obtención de naúplios de *Artemia* sp. Una vez pesada la cantidad de quistes de *Artemia* (20 g) necesarios para la obtener aproximadamente 1800000 naúplios diarios, se llevaron a una incubadora cónica de capacidad 250 litros con fondo transparente donde fueron sembrados, luego se dejaron con aireación durante veinticuatro horas tiempo durante el cual se produjo la eclosión.

Posteriormente se suspendía la aireación y se tapó la superficie de la incubadora por 20 minutos comenzando con la cosecha de los naúplios, los cuales eran atraídos al fondo del tanque alejándose de la superficie (para separarlos de las cápsulas vacías) y del fondo del cono (para separarlos de los quistes no eclosionados). Estos se cosecharon en un tamiz de 100 micras sumergido parcialmente en agua de mar, la llave del tanque a cosechar se abrió muy suavemente con el fin de evitar al máximo la salida de quistes que no eclosionaron. Terminada la cosecha, se procedió a pasar los naúplios eclosionados por un tamiz de 200 micras para separarlos de los quistes y 12 horas antes de ser suministrada a las larvas, se enriquecía con una emulsión comercial proteína HUFA fuente de HUFAs en una dosis de 1 ml por cada 100 litros, el enriquecimiento se realizó para suministrar a naúplios de *Artemia* compuestos formulados sobre la base de aceite de pescado, con el fin de incrementar los contenidos de EPA y DHA.

5.6.7.2 Cosecha de copéodos *Cyclopina* sp. Se realizó la cosecha de un tanque diario de 3m³ que contenía el copéodo *Cyclopina* sp durante los 9 días del ensayo, utilizando para este fin una bomba sumergible de 7,5 Hp trifásica la cual con la ayuda de una manguera de diámetro 2 pulgadas conducía el contenido del tanque a una incubadora de 250 litros.

Una vez se colectaron los copéodos en la incubadora se procedió a cosecharlos con la ayuda de un tamiz de 40 micras (figura 14) y a la vez estos eran vertidos en un balde; posteriormente se realizó el tamizaje de los copéodos utilizando mallas de 100, 150 y 200 micras seleccionando el alimento que se destinaría para la alimentación de las larvas, y el que no era utilizado se inoculaba nuevamente en un tanque para seguir con la secuencia del cultivo. Durante los primeros días del ensayo se utilizaron naúplios y copepoditos de *Cyclopina* sp para los tratamientos 2 y 3.

Figura 14. Cosecha de copéodos *Cyclopina* sp



5.6.8 Control de parámetros fisicoquímicos. Diariamente en la mañana (8 am) se realizó la medición de parámetros de interés tales como oxígeno, pH y temperatura mediante el uso de un equipo multiparametros KASAI-SCHOTT- Herat GmdH Handylad multi 12/set; y salinidad empleando un refractómetro marca ATAGO para así poder mantener controladas las condiciones del cultivo.

5.6.9 Limpieza de tanques. Diariamente se extraían las larvas muertas, y se realizó sifoneo o limpieza del fondo del tanque utilizando una manguera de 1/8 pulgadas retirando desechos y alimento no consumido. Luego se realizó un recambio del 60% del contenido de cada tanque; y por último se llenaron nuevamente con agua de mar filtrada y la microalga *Tetraselmis suecica*; quedando así listos para recibir el alimento diario (*Cyclopina* sp y *Artemia* sp).

5.7 MUESTREOS

Se realizó muestreos diarios del 5% tomando diez larvas de cada unidad experimental para obtener datos de longitud y contenido estomacal de las larvas; además al final del ensayo (día 25) se realizó la prueba de resistencia al estrés de Kraul.

5.7.1 Medición de longitud. Para obtener datos de talla de las larvas muestreadas se empleó un estereoscopio LEICA ES-635 474 y una regla graduada de 150 mm marca Faber Castell ubicada en la parte inferior del mismo, las larvas fueron colocadas en una caja petri y sobre esta se ubicó la regla para obtener dichos datos.

5.7.2 Observación del contenido estomacal. Se observó el contenido estomacal de 90 larvas de pargo lunarejo, determinando el tipo de presas consumidas por cada larva. Luego se colocó cada larva en un portaobjetos y sobre ésta un cubreobjetos para realizar una presión sobre la larva para así poder observar el alimento consumido.

5.7.3 Prueba de resistencia al estrés. Se realizó una modificación de la prueba de resistencia al estrés de Kraul la cual Consistió en capturar 23 larvas por unidad experimental, cada larva fue colocada en una toalla de papel secante ligeramente húmeda sobre una superficie plana por 1.5 minutos, ubicando un beaker sobre el papel secante con la larva para evitar que alguna corriente de aire interfiriera y afectara el resultado de la prueba, transcurrido este tiempo se depositó cada larva en un recipiente con agua del mismo tanque de cultivo para observar su comportamiento después de ser sometida a la prueba, al final se contabilizó el número de larvas sobrevivientes.

Figura 15. Prueba de resistencia al estrés



5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones físicas, para un total de nueve unidades experimentales. Se aplicó análisis de varianza ANOVA empleando variable rezagada de 2 periodos para la variable longitud. Se realizaron las pruebas para los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk $p>0.05$), homogeneidad de varianza (Bartlett $p>0.05$) e independencia de los errores (Durbin Watson $p<0.05$). Los datos fueron procesados en el programa estadístico Stat graphics plus 5.1.

El diseño estadístico empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + e_j + nk(j)$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta del tratamiento de alimentación - de la unidad experimental (ijk)

μ = Media general del experimento

T_i = Efecto del tratamiento de alimentación i –ésimo

e_j = Componente del error aleatorio en la unidad experimental

La sobrevivencia se determinó aplicando la prueba de Brand – Snedecor y como se encontraron diferencias estadísticas significativas se procedió a realizar la prueba de comparación de proporciones.

5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

H₀: La media con respecto a la variable evaluada es igual en los tres tratamientos.

H₁: $\mu_1 \neq, \mu_2 \neq, \mu_3$

H₁: La media respecto a la variable evaluada difiere en al menos uno de los tres tratamientos.

- **VARIABLES EVALUADAS**

En esta investigación se evaluaron las siguientes variables de interés productivo:

- **Sobrevivencia.** Porcentaje de los animales que sobreviven al periodo de estudio se calculo con la siguiente ecuación:

$$S = (Nf / NI) * 100$$

Donde:

S: sobrevivencia larval

Nf: Numero de larvas finales

Ni: numero de larvas iníciales

- **Incremento de longitud.** Es el incremento de longitud que presentan los individuos durante el periodo de estudio, y se expresa como la diferencia entre la talla final y la talla inicial.

$$IL = Lf - Li$$

Donde:

IL: incremento de talla

Li: talla inicial

Lf: talla final

- **Prueba de resistencia al estrés de Kraul.** Esta prueba permitió determinar la calidad de las larvas producidas sometiendo a las mismas a una hipoxia severa. Con los datos recolectados se procedió a aplicar la siguiente formula:

$$S (\%) = (NF / NI) * 100$$

Donde:

S(%): sobrevivencia a la prueba de estrés

Nf: Numero de larvas finales

Ni: numero de larvas iníciales

- **Relación beneficio/costo.** Es el índice que resulta de dividir los beneficios entre los costos variables de cada uno de los tratamientos.

$$RBC = \frac{B}{C}$$

Donde:

RBC = Relación beneficio costo

B = beneficios (flujos efectivos)

C = Costos

$B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, en este caso el proyecto es indiferente.

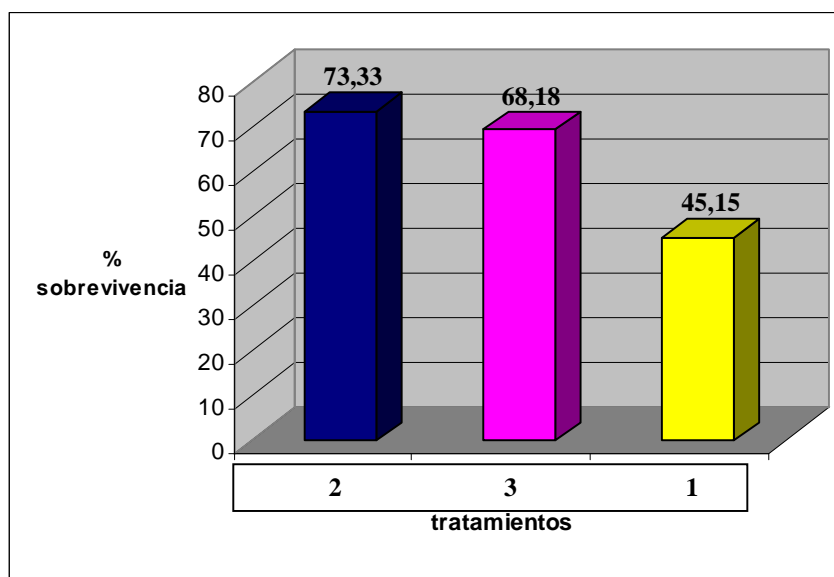
$B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 SOBREVIVENCIA

La Sobrevivencia de larvas de pargo lunarejo obtenida en el presente ensayo (figura 21) demostró que el tratamiento que presento el mas alto porcentaje de Sobrevivencia fue el que incluía copépodos cyclopoides *Cyclopina* sp (Tratamiento 2), alcanzando un 73,33%; seguido por el tratamiento que combinaba el copépodo *Cyclopina* sp y *Artemia* sp con 68,18%; el tratamiento que incluía naúplios de *Artemia* sp alcanzo el valor mas bajo de 45,15 %. La prueba de Brand Snedecor logro determinar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1 y 2 y 1 y 3 respectivamente.

Figura 16. Sobrevivencia de larvas de pargo lunarejo en los 3 tratamientos



Los resultados anteriores confirman lo obtenido por Stottrup y Norsker, quienes consiguieron incrementar la sobrevivencia del pez plano perteneciente a la familia Scophthalmidae *Psetta maxima* de un 14% empleando rotíferos, a un 45% con el uso del copépodo *Tisbe holothuriae* en conjunto con microalgas y rotíferos⁵⁹; también

⁵⁹ STOTTRUP Y NORSKER, The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. Citados por Prieto, *et al.* Op. Cit. p.31.

Payne⁶⁰, utilizando una dieta combinada del copépodo calanoide *Gladioferen imparipes* y rotíferos produjeron un aumento significativo en la sobrevivencia (37%) en larvas de *Glaucosoma hebraicum*, una especie con alto valor en el mercado, comparado con una dieta de solo rotíferos (5%).

Igualmente Olivoto *et al*⁶¹. (2008) obtuvieron un porcentaje de sobrevivencia de 90 ± 2 % utilizando naúplios y copepoditos del copépodo *Centropages typicus* en comparación a un 43 ± 2 % utilizando una dieta de rotíferos y naúplios de *Artemia*.

Por otra parte, la sobrevivencia obtenida con el Tratamiento 1 (*Artemia* sp) fue de 45,15 %, valor que se presentó bajo con respecto a los otros dos tratamientos, lo cual podría atribuirse a que este alimento no cumple completamente con los requerimientos nutricionales de las larvas de pargo lunarejo relacionando de alguna manera lo establecido por Civera *et al*⁶² quienes afirman que tanto los rotíferos como la *Artemia* presentan carencias de ácidos grasos como el ácido araquidónico (ARA, 20:4 n-6), el ácido eicosapentaenóico (EPA, 20:5 n-3) y ácido docosahexaenóico (DHA, 22:6 n-3) los cuales son de gran importancia para el desarrollo normal de la larva.

Sin embargo, en el tratamiento de *Artemia* se observó un alto canibalismo, lo cual contribuyó al bajo porcentaje de sobrevivencia presentado en este tratamiento, lo cual pudo estar relacionado a que los naúplios de *Artemia* enriquecidos son menos versátiles como alimento en cuanto al tamaño, teniendo en cuenta que los copépodos presentan diferentes estadios de desarrollo que pueden ser seleccionados por la variedad de tallas presentes en la población de larvas. Además, los movimientos en zig-zag de los copépodos generan mayores estímulos visuales para la larva predadora, con lo cual ésta de mayor tamaño gasta más energía en la captura de alimento (copépodos adultos), permitiendo que las larvas pequeñas sigan rápidamente su crecimiento y homogenicen más el tamaño de la población, consumiendo todos los estadios de copépodos (naúplios hasta adultos).

Según Ogle & Lotz⁶³, en la larvicultura de pargo rojo *Lutjanus campechanus*, se obtuvo excelentes resultados de supervivencia del 12,5% al utilizar un mesocosmos con los

⁶⁰ PAYNE, *et al*, The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. Citados por Torres. Op. Cit. p.27.

⁶¹ OLIVOTTO I, *et al*. The use of the Mediterranean calanoid copepod *Centropages typicus* in Yellowtail clownfish (*Amphiprion clarkii*) larviculture. En: Aquaculture, 2008, vol 284. p.211.

⁶² CIVIERA-CERECEDO, R, ALVAREZ-GÓNZALES, C & MONCAYO-LOPEZ, F. Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos: En: www.educacion.uanl.mx/publicaciones /maricultura /vii/pdf/3Robertociviera.pdf. Mexico, Noviembre de 2004.p. 20.

⁶³ OGLE & LOTZ. Culture of red snapper. Citados por Prieto, *et al*. Op. Cit. p.32.

copépodos *Acartia* sp y *Pseudodiaptomus* sp, y Schipp *et al*⁶⁴ después de varios ensayos lograron producir 5000 alevinos de pargo dorado *Lutjanus johnii* utilizando el copépodo *Acartia* sp en su larvicultura destacando los beneficios que presentan los copépodos al ser incluidos en las dietas.

Lo anterior se relaciona con los resultados de esta investigación debido a que se obtuvo mayor sobrevivencia utilizando un copépodo cyclopoide *Cyclopina* sp (73,33%) que naúplios de *Artemia* enriquecidos (45,15%) en larvas de *Lutjanus guttatus*, ratificando de esta manera que los copépodos han resultado ser una excelente alternativa de alimentación en larvas de peces de la familia Lutjanidae.

Ortiz⁶⁵, 2010, realizó una larvicultura de pargo lunarejo empleando tres dietas a base de rotíferos de los géneros *Brachionus rotundiformis* y *brachionus plicatilis* obteniendo sobrevivencias inferiores al 1%, demostrando la inferioridad que presentan los alimentos tradicionales en comparación con copépodos.

Otros autores que demuestran buenos resultados suministrando copépodos en sus ensayos son Hernández & Álvarez⁶⁶, 2003, quienes lograron obtener sobrevivencias del 30 y 50% en la fase de larvicultura de mojarra marina *Eugerres brasiliensis* utilizando como fuente de alimentación un mesocosmos basado principalmente en copépodos del genero *Oithona* sp.

Olivotto *et al*⁶⁷. (2008), realizaron estudios experimentales en los cuales incluyeron el copépodo *Tisbe* spp en la dieta de larvas de *Amphiprion clarkii* pez payaso, de la familia de los Pomacéntridos, en forma mono-específica o en combinación con rotíferos y naúplios de *Artemia*, demostraron una mayor sobrevivencia y crecimiento de las larvas en el tiempo de cultivo, sugiriendo que, si bien los copépodos son mas difíciles de producir, éstos pueden ser utilizados como un suplemento para algunas larvas de peces marinos, generando beneficios en especies que no alcanzan resultados óptimos en larvicultura utilizando las dietas vivas tradicionales en larvicultura de peces marinos (Rotíferos y *Artemia*).

⁶⁴ SCHIPP *et al*. A method for Hatchery cultura of tropical calanoid copepods *Acartia* sp. Citados por Prieto, *et al*, Op. Cit. p.32.

⁶⁵ ORTIZ, Diego. Evaluación de los rotíferos *Brachionus rotundiformis* y *Brachionus plicatilis* como fuente de alimento vivo en larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869), en la estación acuícola bahía Málaga, Buenaventura-Valle. Trabajo de grado, Universidad de Nariño, facultad de ciencias pecuarias, programa de Ingeniería en producción acuícola, 2010. p. 74.

⁶⁶ ALVAREZ & HERNANDEZ. Op. Cit. p.235.

⁶⁷ OLIVOTTO I, Op. Cit. p. 352.

Según Ruiz & Jiménez 2007⁶⁸, y Torres 2008⁶⁹ *Cyclopina* sp presenta potencial para cultivo y genera grandes beneficios en la alimentación entre la segunda y tercera semana de vida de la larva, siendo en este estudio el tratamiento de la combinación de presas de *Artemia* sp y *Cyclopina* sp (TTO 3) el que mas resulta favorable para todas las larvas, debido a que tienen disponible alimento de todos los tamaños según sean sus necesidades, porque mientras las larvas que presentan mayor tamaño se alimentan de naúplios de *Artemia*, las de menor tamaño tienen la opción de encontrar copépodos en todos sus estadios, haciendo que todos los organismos cultivados mantengan las mismas condiciones de alimentación. Sin embargo persiste el problema de la falta de homogeneidad de tallas.

Con lo anterior se puede afirmar que la alimentación basada en copépodos es una alternativa viable para estandarizar tecnologías en la larvicultura de peces marinos, debido a que mejoran notablemente la sobrevivencia de las larvas cultivadas porque presentan un mejor perfil nutricional lo cual se relaciona con lo dicho por Lazo, 2000⁷⁰, afirmando que la sobrevivencia de las larvas bajo cultivo es un aspecto esencial que está directamente relacionado con la plena satisfacción de sus requerimientos nutricionales, siendo la nutrición determinante en la disponibilidad de peces para las distintas fases de cultivo.

6.2 INCREMENTO DE LONGITUD

El incremento de longitud de larvas de pargo lunarejo (figura 17) tubo un patrón similar en los tres tratamientos, obteniendo en el ultimo día de ensayo (día 9) una longitud de $14,1 \pm 1,56$ mm con el T1 (*Artemia* sp), siendo este el que alcanzo los mayores valores para esta variable, seguido por el T3 (combinación de *Artemia* sp + *Cyclopina* sp) que logró obtener una longitud final de $13,0 \pm 0,31$ mm. El tratamiento que obtuvo menor crecimiento en longitud fue el T2 (*Cyclopina* sp) con $11,9 \pm 1,81$ mm.

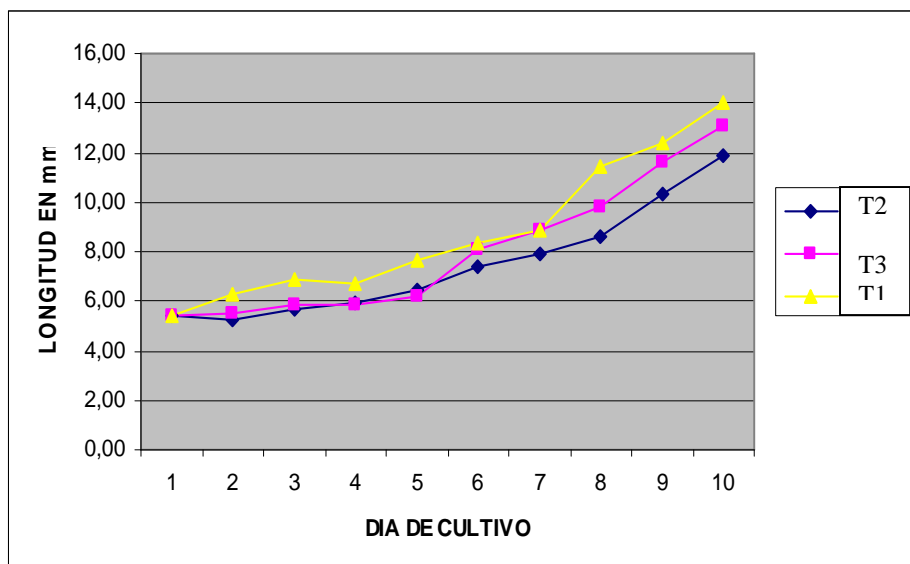
Aunque aparentemente el tratamiento que obtuvo la mayor ganancia de longitud fue el T1, al realizar el análisis estadístico en donde se aplicó la prueba ANOVA, esta arrojó que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

⁶⁸ RUIZ & JIMÉNEZ, 2008.

⁶⁹ TORRES, Op. Cit. p. 41.

⁷⁰ LAZO. J. Op. Cit, p. 300.

Figura17. Crecimiento en longitud en larvas de pargo lunarejo



La mayoría de los estudios de larvicultura utilizando copépodos como alimento, han demostrado beneficios en el crecimiento de larvas de peces marinos, debido a su mejor calidad como alimento, investigadores como Puello *et al*⁷¹ lograron mejorar el crecimiento y la sobrevivencia en larvas de botete diana (*Sphoeroides annulatus*) y pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) utilizando dos especies de copépodos (*Tisbe monozota* y *Pseudodiaptomus Euryhailus*), argumentando que dichas mejoras se debieron a las cualidades que presentan los copépodos en cuanto al elevado contenido de ácidos grasos esenciales altamente insaturados (HUFA) de la serie Omega 3 los cuales resultan indispensables en larvas de peces marinos. Por otra parte Payne *et al.* (2001) mejoraron el crecimiento de larvas de West Australian dhufish (*Glaucosoma hebraicum*) y pink snapper (*Pagrus auratus*) utilizando el copépodos *Gladioferens imparipes* comparado con alimento tradicional rotíferos *Brachionus rotundiformis*. También, Olivoto *et al*⁷² mejoraron el crecimiento de larvas del pez marino *Amphiprion clarkii* complementando su alimentación con naúplios, copepoditos y adultos del copépodo harpacticoide *Tisbe* spp en comparación a una dieta de rotíferos seguido por Naúplios enriquecidos de *Artemia*.

⁷¹ PUELLO, *et al.* Op. Cit. p.23.

⁷² OLIVOTTO, *et al.* Op. Cit. p. 113.

Debido a la dificultad en la producción de copépodos a un nivel masivo, la mayoría de los estudios de comparación de crecimiento de larvas de peces marinos han sido utilizando rotíferos, por lo cual pocos estudios han comparado el crecimiento de las larvas con *Artemia*. En este sentido se puede decir que el crecimiento de las larvas de pargo con *Cyclopina* sp, no alcanzó grandes beneficios comparado con otros estudios, esto puede estar relacionado con el hecho de que la mayoría de copépodos utilizados para cultivo masivo son pequeños, no superando las 600 micras en la longitud del prosoma. Lo anterior supone un gasto energético mayor en la captura de presas al utilizar copépodos en comparación de naúplios de *Artemia*, los cuales no solo tienen un contenido energético mayor que los pequeños Naúplios y copepoditos de *Cyclopina* sp, si no que también tienen movimientos mas pasivos que los copépodos. Esto se puede relacionar con lo establecido por Camacho *et al*⁷³ quienes afirman que el crecimiento de larvas de mangrove killifish *Rivulus marmoratus* del día 0 al día 10 fue mas rápido con el copépodo *Acartia tsuensis*, en comparación a naúplios de *Artemia* franciscana enriquecidos y no enriquecidos; sin embargo, cuando la larva adquirió un mayor tamaño de presa desde el día 10 al 20, crecieron mas rápido con *Artemia* enriquecida con DHA que con copépodos.

Es importante suministrar a las larvas alimentos de diferentes tamaños para que las mismas puedan escogerlo de acuerdo a su capacidad bucal; es decir que el acuicultor debe enfrentarse al problema de la falta en la homogeneidad de tallas, aspecto que puede resultar poco productivo debido a que dentro de la producción de peces se busca obtener lotes iguales de los animales sujeto de cultivo. Por lo anterior, en este ensayo se observó que la mayoría de las larvas del TTO 2 tenían un tamaño uniforme con respecto a las de los otros tratamientos, encontrando que cuando fueron alimentadas con *Artemia* sp este alimento era el indicado para el tamaño de su boca, incrementando en pocos días su peso y logrando obtener animales de longitudes muy parejas reduciendo de una manera considerable el canibalismo.

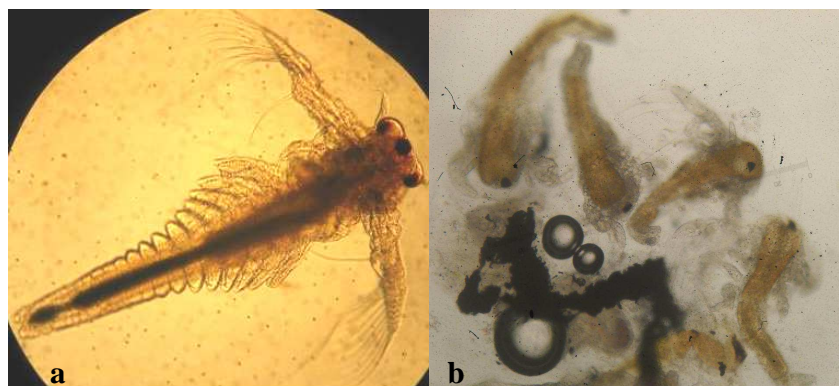
Una de las principales desventajas que se observó en el tratamiento 1 fue que mientras las larvas grandes se alimentaban con un gran número de naúplios de *Artemia* y crecían rápidamente, las mas pequeñas no consumen este alimento con la misma eficiencia, por lo tanto su crecimiento se estanca, mas aún, a medida que las larvas grandes crecen las pequeñas deben gastar mayor energía en evitar que sean canibalizadas por las de mayor tamaño, quedando cada vez mas expuestas a ser predadas por larvas mas grandes, que en un momento dado dejan de consumir *Artemia* porque entre sus necesidades se encuentra un tamaño de presa mayor. Lo anteriormente expuesto es un aspecto del crecimiento que refleja un problema, debido principalmente a que si existe una gran diferencia de tallas, el canibalismo comienza a presentarse reduciendo considerablemente las poblaciones de individuos cultivados.

⁷³ CAMACHO, *et al.* Effects of feeding copepod and Artemia on early growth and behaviour of the self-fertilizing fish, *Rivulus marmoratus*, under laboratory conditions. En: Aquaculture. www.science direct.com. 2008, Vol.28.p. 100.

6.2.1 Selección de presas y contenido estomacal. Se observó el contenido estomacal de larvas de pargo lunarejo lo cual sirvió para determinar el consumo del tipo y cantidad de alimento determinando para el caso específico de la dieta con copépodos *Cyclopina* sp que las larvas ingerían una gran cantidad de presas superando los 50 copépodos por larva en un corto periodo de tiempo (entre 1 y 2 horas), aunque no fue posible determinar el número exacto de presas consumidas si se pudo establecer que las larvas seleccionaron el alimento basándose principalmente en el tamaño y tipo de presa.

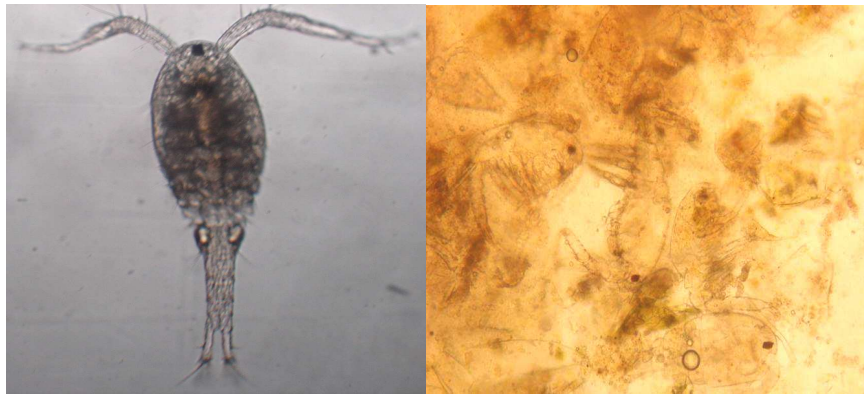
Con el tratamiento que combinó presas de *Artemia* sp y *Cyclopina* sp (Figura 18 y Figura 19), se observó que durante los días 1 a 4 del ensayo la larva seleccionó y consumió un mayor número de copépodos *Cyclopina* sp en todos sus estadios frente a los grandes naúplios de *Artemia* sp y a medida que la larva creció seleccionó presas de mayor tamaño llegando a consumir en igual proporción naúplios de *Artemia* sp y adultos de *Cyclopina*, hasta que en un día determinado (del día 6 en adelante) la larva se limitó exclusivamente a consumir naúplios de *Artemia* debido a que requerían un tipo de presa que se ajustara al tamaño de su boca y satisficiera sus necesidades alimenticias. Otro aspecto importante para resaltar es la digestibilidad del alimento consumido, la cual fue baja en el tratamiento de *Artemia* sp en los primeros días del ensayo, donde se encontró naúplios parcialmente digeridos (Figura 18) y cuando la larva alcanzó un mayor tamaño (entre 8 y 10 mm), la digestibilidad de este alimento fue aumentando. Por otra parte, en los estómagos de las larvas que consumían copépodos se observó solo exoesqueletos de naúplios y adultos, hecho que demuestra que los copépodos desde el principio del ensayo fueron completamente digeridos (Figura 19).

Figura 18. Alimento consumido por larvas de pargo lunarejo: Naúplios de *Artemia* sp: a. Naúplio vivo *Artemia* y b. Naúplio parcialmente digerido *Artemia* sp.



Lo anterior concuerda con lo establecido Schipp *et al*⁷⁴ quien establece que los copépodos tienen una alta digestibilidad en comparación con las dietas tradicionales (rotíferos y *Artemia*). De igual forma, Luizi *et al*⁷⁵ quienes realizaron investigación sobre el desarrollo del tracto digestivo de larvas de halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) en términos de sitios de absorción de alimento y maduración del tracto digestivo, como es la aparición del estomago y ciegos pilóricos. En esa investigación demostraron que las larvas alimentadas con copépodos *Euritemora velox*, no solo pudieron digerir más fácilmente los copépodos consumidos en comparación con los naúplios de *Artemia* enriquecidos (Super SelcoTM y Algamac 2000TM), si no que también hubo un mayor desarrollo del tracto digestivo, en términos de morfología y sitios de absorción.

Figura 19. Alimento consumido por larvas de pargo lunarejo: Copépodos adultos de *Cyclopina* sp: a.) Copépodo *Cyclopina* sp vivo y b.) Copépodo digerido



Por lo anterior es importante resaltar que las larvas seleccionaron el alimento dependiendo de la abertura bucal para lograr una alimentación más eficiente con relación al tamaño de la presa. Según Werner & Hall⁷⁶, la selección del tamaño es un mecanismo que el predador utiliza para optimizar la energía invertida en la captura de la presa; por lo anterior, los copépodos son los organismos zooplanctónicos más apropiados para la alimentación de larvas de peces marinos gracias a que presentan en su desarrollo diferentes tamaños que permiten su selección acorde a las necesidades de

⁷⁴ SCHIPP, G, Bosmans J, Marshall A. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp. En: Aquaculture .www.science direct.com. 1999. Vol.174. p.82.

⁷⁵ LUIZI, *et al.* Further description of the development of the digestive organs in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvaghngfunhce, with notes on differential absorption of copepod and *Artemia* prey. En: Aquaculture. www.science direct.com. 1999. Vol.176. p. 101.

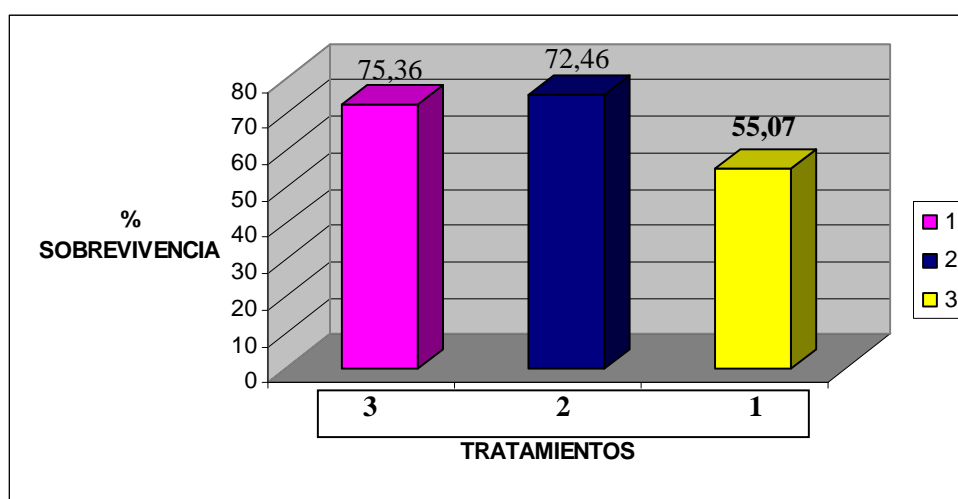
⁷⁶ Werner, E & may, D. Optimal foraging and the selection of prey by the bluegill sunfiish (*Lepomis macrochirus*). Citados por PRIETO, M, ATENCIO, V. Op. Cit, p. 1420.

las mismas. Más aún, los estímulos visuales que generan los movimientos en zig-zag de los copépodos los vuelven más atractivos para ser predados.

6.3 RESISTENCIA A LA PRUEBA DE ESTRÉS

Los resultados obtenidos para esta prueba muestran diferentes respuestas para cada una de las dietas evaluadas, encontrando que los mejores resultados de sobrevivencia al estrés se obtuvieron con las dietas que incluían al copépodo cyclopoide, con un porcentaje de 75,36% para la dieta de la combinación del copépodo *Cyclopina* sp y *Artemia* sp; 72,46% para el tratamiento del copépodo *Cyclopina* sp, realizando la prueba de Brand Snedecor no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$), pero sí cuando fueron comparadas con la dieta basada en naúplios de *Artemia* sp ($P < 0,05$), la cual obtuvo el valor mas bajo de resistencia al estrés con un 55,07% (figura 21).

Figura 20. Sobrevivencia a la prueba de resistencia al estrés Kraul



Izquierdo⁷⁷ sugiere que muchas especies de peces producidas con alimentos vivos deficientes en n-3 HUFA son muy sensibles a este tipo de pruebas, las cuales han sido utilizadas por otros autores como un indicador de la deficiencia de ácidos grasos esenciales en peces. En un mismo sentido Arnaiz *et al* afirma que las larvas deficientes en EFA (ácidos grasos esenciales) tienen poca habilidad para soportar el incremento en

⁷⁷ IZQUIERDO, M. Essential fatty acid requirements of cultured marine fish larvae. En: Aquaculture Nutrition, 1996, vol 2. p.184.

el requerimiento de oxígeno que implica esta prueba, probablemente debido al reducido contenido de DHA en sus branquias, lo cual afectará la permeabilidad de la membrana celular y su capacidad para tomar oxígeno⁷⁸.

Más aún, estudios han demostrado que las prostaglandinas (las cuales provienen de HUFA como araquidónico), bajo una situación de estrés, están envueltas en el control de los procesos osmoreguladores y liberación de cortisol, el principal corticosteroide en peces teleosteos, siendo un integrante de la respuesta al estrés en peces teleosteos, debido a que moviliza sustratos para la liberación de energía y estimulación de procesos osmoreguladores (Van R *et al.*⁷⁹, 2004).

En cuanto a lo anterior, mucho se ha establecido sobre la calidad nutricional de los copépodos en términos de HUFA para larvas de peces marinos, caracterizados por tener proporciones adecuadas de ácidos grasos esenciales y altos niveles de los HUFA, tales como DHA, EPA y ARA. No obstante, estas bondades nutricionales dependen en muchos casos de la calidad nutricional de las microalgas que consumen como alimento.

En el presente estudio se utilizó la microalga *Tetraselmis suecica*, la cual es conocida por tener bajos niveles de HUFA; sin embargo, existen reportes de que algunos copépodos pueden biosintetizar EPA y DHA desde linoleico, 18:3n-3. Más aún, recientemente Lee (2006)⁸⁰ demostró que algunos copépodos cyclopoides como *Paracyclops nana*, pueden biosintetizar grandes cantidades de DHA y EPA utilizando como alimento a *Tetraselmis suecica*. No obstante, en el ensayo de larvicultura se utilizó como agua verde la microalga *Isochrysis galbana*, la cual se caracteriza por tener altos niveles de HUFA, especialmente DHA, por consiguiente es probable que *Cyclops* sp haya tenido altos niveles de ácidos grasos esenciales (EFA).

Teniendo en cuenta lo anterior, sería muy interesante establecer la calidad nutricional de los copépodos *Cyclops* sp utilizados, en términos de cantidad, proporción y biodisponibilidad (fracción polar o no polar) de ácidos grasos, niveles de proteína y aminoácidos libres, todo esto con el fin de aclarar la razón nutricional por la cual este copépodo presenta mejor sobrevivencia y resistencia al estrés en las larvas de pargo lunarejo.

⁷⁸ ARNAIZ *et al.*, Una hipótesis nutricional de la mortalidad asociada al periodo crítico. Órganos y desarrollo larvario de rodaballo (*Scophthalmus maximus*) y dorada (*Et alarus aurata*). Necesidades de DHA. citados por Izquierdo, M. *Ibid.*, p. 184.

⁷⁹ VAN, R, *et al.* Dietary supplementation with arachidonic acid alters the stress response of gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. En: www.sciencedirect.com. 2004. Vol 238. p. 369.

⁸⁰ LEE. Op. Cit., p. 4.

Se puede decir que un aspecto importante en un cultivo de peces marinos es la calidad de las larvas, generando interés por destacar los beneficios que se obtienen cuando las larvas son alimentadas con copépodos, los cuales presentan ciertas condiciones favorables que mejoran los rendimientos de las mismas en la fase de larvicultura. Con esta investigación se pudo demostrar que el uso de copépodos cyclopoides *Cyclopina* sp realmente mejoró la calidad de las larvas, logrando sobrevivir un mayor número de estas a una hipoxia severa por un periodo de tiempo (1:30 minutos).

Los resultados obtenidos en la prueba de resistencia al estrés de este ensayo podrían estar relacionados con lo establecido por Hopp y Stottrup, quienes afirman que la calidad nutricional de los copépodos promueve una normal pigmentación y un buen desarrollo en larvas de peces marinos suponiendo el cumplimiento adecuado de los requerimientos nutricionales de las mismas, garantizando un buen crecimiento y sobrevivencia en futuros alevinos los cuales se ven reflejados en la calidad de las mismas⁸¹.

6.4 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Este análisis permitió establecer la viabilidad económica del empleo de cada una de las dietas utilizadas en este ensayo.

Tabla 2. Costos variables de los tres tratamientos

TRATAMIENTOS	ALIMENTO		INSUMOS		MANO DE OBRA		ANIMALES	
	DETALLE	VALOR	DETALLE	VALOR	DETALLE	VALOR	DETALLE	VALOR
1	ARTEMIA	30000	SELCO	480	2500	9	330	100
			HUFA					
	ALGAS	2214,7	PROTEIN	720				
	Sub total	32214,7		1200		22500		33000
						TOTAL	88914,7	
2	ALGAS	3363,1			2500	27	330	100
	Sub total	3363,1				67500		33000
							TOTAL	103863,1
3	ARTEMIA	15000	SELCO	240	2500	36	330	100
			HUFA					
	ALGAS	2789	PROTEIN	360				
	Sub total	17789		600		90000		33000
						TOTAL	141389	

⁸¹ HOPP, *et al.* Reproduction and adult longevity of five species of planktonic cyclopoid copepods reared on different diets: a comparative study; y STOTTRUP, J. The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. Citados por PRIETO, *et al.* Op. Cit. p.32.

Tabla 3. Ingresos obtenidos por tratamiento y relación beneficio/costo

Precio de venta de larvas de pargo lunarejo de 24 días: \$ 650

TTO	LARVAS OBTENIDAS	VALOR	R B/C
1	149	96850	1,08
2	242	157300	1,51
3	225	146250	1,03

El análisis beneficio/costo realizado mostró que las 3 dietas propuestas resultaron viables económicamente, sin embargo los copépodos *Cyclopina* sp pueden resultar una buena opción debido a que obtuvieron el mayor beneficio (1,51) con respecto a los otros dos tratamientos, razón por la cual su uso represento superior cantidad y calidad de larvas producidas.

6.5 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

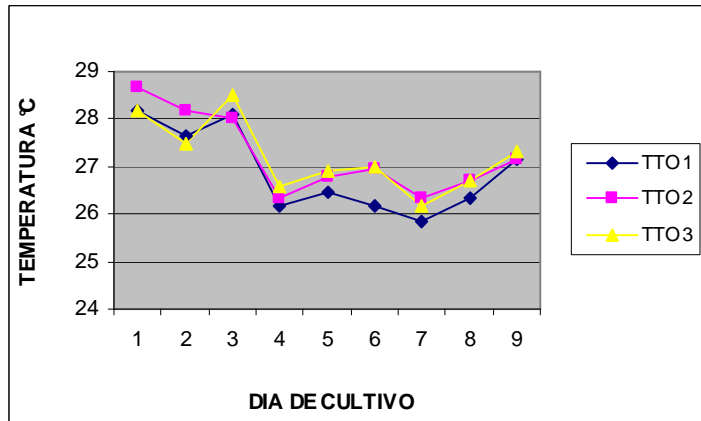
Los datos registrados en esta investigación muestran un comportamiento similar de los parámetros fisicoquímicos en los tres tratamientos no encontrando diferencias estadísticas significativas entre los mismos, siendo rangos tolerables para la especie en la fase de larvicultura según los registros de la estación acuícola Bahía Málaga (Gamboa & Torres)⁸², donde se afirma que a pesar de que en ésta zona se presenta gran variación de las condiciones ambientales esta especie ha logrado una buena adaptación obteniendo buenos rendimientos en larvicultura.

6.5.1 Temperatura. La temperatura (figura 21) no presento variaciones que pudieran afectar la conducta de los animales encontrando valores promedio $27,18 \pm 0,99$ °C, sin embargo se observa que los valores más altos se presentaron en los días 1 a 3 con temperaturas entre los 28,6 y 27,6 °C; situación que pudo ser atribuida a que los tanques se llenaron con el agua un día antes de iniciar el ensayo, originando un calentamiento del agua, además en el día 1 no se realizo recambio alguno y solo fueron sembradas las larvas. Posiblemente la temperatura siguió manteniéndose alta en los días 2 y 3 debido a que solo se realizo durante estos días recambio del 20%.

Durante los días 4 a 9 se pudo observar que este parámetro se mantuvo estable con valores muy similares y presentando el mismo comportamiento para los 3 tratamientos, además se noto que la temperatura disminuyó en 2,5°C aproximadamente situación que o presentarse debido a que a partir del día 4 se realizó recambios del 50% diariamente.

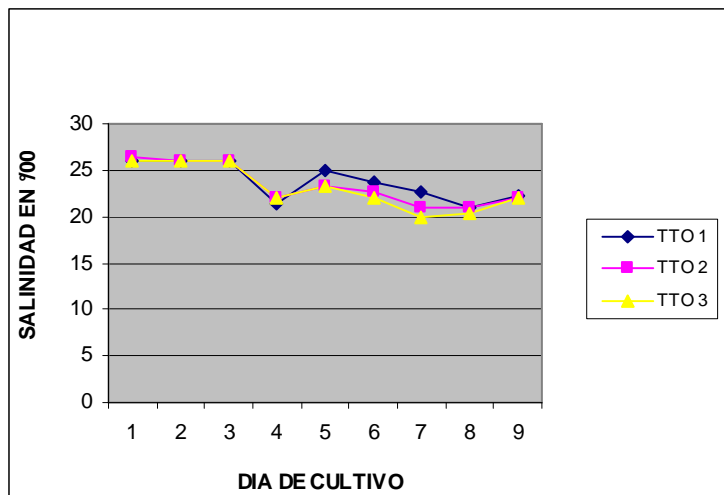
⁸² GAMBOA, H Y TORRES G. Larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*, Estación Acuícola Bahía Málaga - INCODER . 2009. Informe técnico # 8. p. 10.

Figura 21. Temperatura del agua en los 3 tratamientos



6.5.2 Salinidad. La estabilidad de este parámetro es importante en el cultivo de especies marinas, y en esta investigación no presentó variaciones considerables en los tres tratamientos manteniéndose en promedio $23,30 \pm 2,29$ ‰ (figura 22). Este parámetro se presenta alto en los primeros 3 días y a partir de día 4 en adelante disminuye 5 unidades posiblemente debido a la variación de las condiciones ambientales, además los valores obtenidos se encuentran entre los 20 y 23‰, los cuales son similares con lo obtenido por Burgos & Yela⁸³ quienes obtuvieron como resultado en su investigación una sobrevivencia en larvas de pargo lunarejo de 7,56% con manejando una salinidad de 20‰, alcanzando con este valor la mayor sobrevivencia.

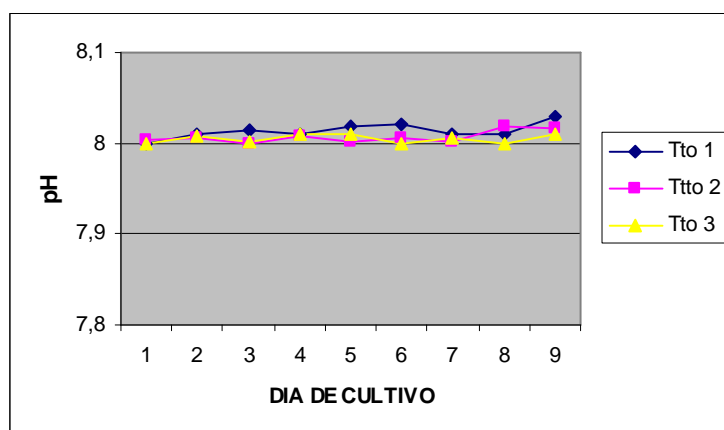
Figura22. Salinidad en los 3 tratamientos



⁸³ BURGOS & YELA. Op. Cit. p. 48.

6.5.3 Potencial de hidrogenación. El pH es un parámetro muy importante a ser considerado en acuicultura, el cual causa muchos fenómenos químicos y biológicos, especialmente sobre el metabolismo y procesos fisiológicos de todos los organismos acuáticos. Durante el transcurso de esta investigación este parámetro se conservó en promedio de $8,00 \pm 0,01$ (figura 23) siendo el más estable de los evaluados encontrándose en un rango soportable para el pargo lunarejo según Gamboa y Torres⁸⁴, además Conijeski⁸⁵ afirma que valores de pH que se encuentran entre 6,5 y 8 son óptimos para peces marinos y de manera muy particular en el cultivo de la dorada (*Sparus aurata*).

Figura 23. pH en los 3 tratamientos



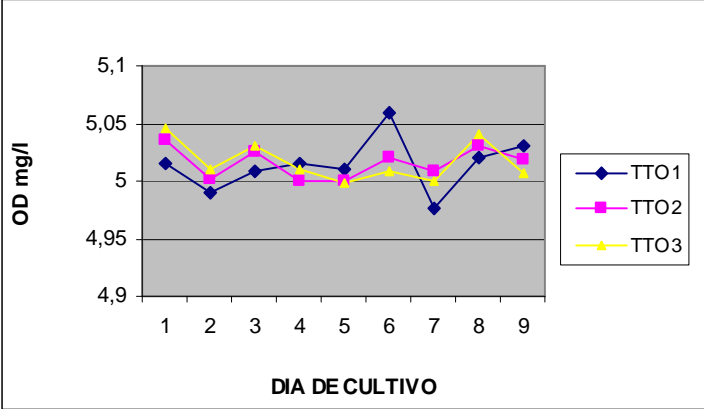
6.5.4 Oxígeno disuelto. Se reportaron valores para el oxígeno disuelto en promedio de $5,17 \pm 0,29$ mg/L (figura 24); encontrándose dentro de los rangos tolerables para el pargo lunarejo según los registros de parámetros fisicoquímicos de la EABM (tabla 1), debido a que se han reportado buenos resultados en la larvicultura de esta especie. Valores superiores a 5 mg/l se deben según Gamboa & Torres, 2009⁸⁶ principalmente a la aireación utilizada, recambios diarios del 50 % y la adición de microalgas en horas de la mañana, siendo esta cantidad suficiente para garantizar un desempeño adecuado de los ejemplares utilizados en este estudio.

⁸⁴ GAMBOA, H & TORRES, G. Ibid. p. 10.

⁸⁵ CONOJESKI, Daniel. Ingeniería de cultivos marinos y dulceacuicolas. Conceptos básicos de ingeniería en Acuicultura, Plan Nacional de desarrollo de la Acuicultura (PLANDAC), proyecto TCP/URU/3101. Uruguay, agosto de 2008. p.6.

⁸⁶ GAMBOA, H & TORRES, G. Op. Cit. p. 11.

Figura 24. Oxígeno disuelto en los 3 tratamientos



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- El copépodo cyclopoide *Cyclopina* sp mantiene buenas condiciones de cultivo, se lo puede cultivar fácilmente y solo requiere para su alimentación una dieta monoalgal alcanzando en cultivos de 3000 litros en un periodo de 6 días hasta 20,5 individuos/ml de todos los estadios, perfilándose como una buena alternativa de alimentación para larvas de pargo lunarejo a partir de la segunda semana de cultivo siendo un buen complemento de *Artemia* sp.
- La mayor sobrevivencia se obtuvo con el tratamiento 2 que incluyo el copépodo cyclopoide marino *Cyclopina* sp con un 73,33%, seguido por el tratamiento 3 que con 68,18 %, destacando así las cualidades nutricionales de este alimento vivo. En cuanto a la sobrevivencia a la prueba de resistencia al estrés el tratamiento 3 (*Cyclopina* sp y naúplios de *Artemia* sp) logro obtener el mayor porcentaje con 75,36%, seguido por el Tratamiento 2 con un 72,46%, adquiriendo las larvas de dichos tratamiento mejor calidad con respecto a las que fueron alimentadas con la dieta del tratamiento 1 (*Artemia* sp) que solo alcanzo un 55,07%.
- No hay gran variación en cuanto a los valores obtenidos de la variable longitud debido a que no se presentó un incremento significativo entre tratamientos, atribuido a que los valores se encuentran muy próximos (14.1mm para el T1, 11,9 mm para el T2 y 12,9 para el T3), por tal razón no existió diferencia estadística significativa entre ninguno de los tratamientos con respecto a esta variable.
- El análisis de costo beneficio realizado para este ensayo en particular demostró que los tres tratamientos son aconsejables económicamente, sin embargo el tratamiento que presento mayor factibilidad fue el T2 alcanzando mayor relación/beneficio costo (1,51).
- Se observó mayor asimilación del alimento en las larvas de pargo lunarejo que fueron alimentadas con copépodos *Cyclopina* sp durante todo el ensayo (tratamientos 2 y 3) a diferencia de lo que ocurrió con el tratamiento 1 (*Artemia* sp) cuyo alimento presento una digestibilidad parcial durante los 3 primeros días aumentando progresivamente con el transcurso del ensayo.
- Durante esta investigación los parámetros físicoquímicos del agua como temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto se mantuvieron estables sin presentar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

7.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis bromatológico del copépodo cyclopoide marino *Cyclopina* sp con el fin de determinar su composición nutricional y su contenido de ácidos grasos.
- Implementar el uso de *Cyclopina* sp en la alimentación de larvas de pargo lunarejo con el fin de mejorar sobrevivencia, crecimiento, calidad y disminuir los requerimientos de *Artemia* sp.
- Dotar la estación con equipos y materiales tales como: medidor de parámetros fisicoquímicos, balanza analítica e instrumentos de medición necesarios para la obtención de datos exactos en estos trabajos de investigación.

8. BIBLIOGRAFÍA

ALARCON, F. Y MARTINEZ, M. Fisiología de la digestión en larvas de peces marinos y sus aplicaciones al cultivo larvario en masa. 1998. En: [www.revistaaquatic.com/art N:5](http://www.revistaaquatic.com/artN:5)). P.15-25.

ALVAREZ-L. & HERNÁNDEZ M. Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro de América Latina y el Caribe: Diseño, operación y tecnologías. En: www.was.org. p. 304.

APÚN, JUAN PABLO; *et al.* Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. En: Revista de Biología Marina y Oceanografía. México: CIIDIR-Sinaloa, Vol. 40, No. 1, (Abril, 2005). p. 33 – 44.

ARELLANO-MARTINEZ, M, *et al.* Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindacher, 1869) en las costas de Guerrero, México. En: Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2001.Vol.36, N.1. p. 50-65.

BERGER I & MAIER G. The mating and reproductive biology of the freshwater planktonic calanoid copepod *Eudiaptomus gracilis*. Freshwater Biology. California: Mc Graw Gill, 2001.

BOTERO, J & OSPINA, J. F. Crecimiento de juveniles de pargo palmero *Lutjanus analis* (Cuvier) en jaulas flotantes en las Islas del Rosario, Caribe colombiano. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre 2004. p. 53.

BOTERO, J & CASTAÑO, F. Inducción de la madurez gonadal del pargo palmero *Lutjanus analis* (Cuvier) mediante la aplicación de un fotoperíodo artificial de acondicionamiento en el laboratorio. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre 2004. p.131.

BOTERO, J, *et al.* Evolución y estado actual de la investigación sobre la reproducción artificial y cultivo del pargo palmero *Lutjanus analis* y el mero guasa *Epinephelus itajara* en el Caribe colombiano. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre 2004. p.12.

BOTERO, Julián. Reproducción artificial de peces marinos. En: Reproducción de peces en el trópico. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) y Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2005.

BRADFORD G. Key to calanoid copepod families: National Institute of Water and Atmospheric Research. Wellington, New Zealand. 2002. Disponible en Internet: URL: <http://crustacea.net>

BURGOS, Y & YELA, A. Efecto de diferentes fotoperiodos y salinidades sobre la larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindhachner, 1869) en la Estación Acuícola Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia. Trabajo de grado. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, mayo de 2010.

CAMACHO M, *et al.* Effects of feeding copepod and Artemia on early growth and behaviour of the self-fertilizing fish, *Rivulus marmoratus*, under laboratory conditions. En: Revista Aquaculture. www.science direct.com. 2008. Vol. 281. p. 100-110.

CASTAÑEDA, J. D; LUGO, A & TORRES, D. C. Primeros ensayos de criopreservación larga en semen de pargo rayado *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758) Santa Marta, Caribe Colombiano. Trabajo de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Losano. En: Memorias segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos: CENIACUA, Octubre de 2004. p.125-127.

CASTRO, T., *et al.* Alimento vivo en la acuicultura. En: Contactos. Xochimilco: Editorial: División de CBS. UAM, Vol. 48, (abril, 2003). p. 27.

CHICAS, FRANCISCO; MARAVILLA, ERICK & ROJAS, José Rodrigo. Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbano y Puerto La Libertad, El Salvador. En: Revista de Biología Tropical. El Salvador: Universidad de El Salvador, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. (Noviembre, 2004). Vol. 52, No. 1.p. 163-170.

CIVERA-CERECEDO, R., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C & MONCAYO-LÓPEZ, F.J, Nutrición y Alimentación de Larvas Peces Marinos: México, Noviembre 2004. p. 20. En : [www.educacion.uanl.mx/publicaciones/maricultura/vii/pdf/3Roberto Civera.pdf](http://www.educacion.uanl.mx/publicaciones/maricultura/vii/pdf/3Roberto%20Civera.pdf)

CONOJESKI, DANIEL. Ingeniería de cultivos marinos y dulceacuícolas. Conceptos básicos de ingeniería en Acuicultura, Plan Nacional de desarrollo de la Acuicultura (PLANDAC), proyecto TCP/URU/3101. Uruguay, agosto de 2008. p.2 - 28.

DANA, JD. Crustacea. Part II In: United States Exploring Expedition During the Years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842 Under the Command of Charles Wilkes, U.S.N. 1852. p. 13-30.

GAMBOA, H & TORRES G. Informe técnico larvicultura de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*, Estación Acuícola Bahía Málaga - INCODER . 2009. p. 10

GAMBOA, H; PRIETO, M & TORRES, G. El potencial de un sistema de mesocosmos como alimento vivo en larvicultura del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la estación marina de Bahía Málaga-INCODER. Asociación Colombiana de Industriales y Armadores Pesqueros (ACODIARPE). Informe Final. Buenaventura, Colombia 2007.

GAMBOA, Hernando & VALVERDE, Juan. Avances en la reproducción inducida en cautiverio del pargo lunarejo *Lutajus guttatus*, (Steindachner, 1869) y *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869), en la bahía de Málaga Costa Pacífica Colombiana. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio. Universidad de los Llanos, Octubre 2004. p. 36.

GIESBRECHT, W. Die freilebenden Copepoden der Kieler Foehrde.—VI. Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchungen der Deutsche Meere 1882. p. 132.

HERNÁNDEZ M & ALVAREZ L. Culture experiments with *Oithona oculata* Farran, 1913 (Copepoda: Cyclopoida), and its advantages as food for marine fish larvae. En: Revista Aquaculture. www.sciencedirect.com. 2003. Vol. 183. p. 135-155.

IZQUIERDO, M. Essential fatty acid requirements of cultured marine fish larvae., 2. En: Revista Aquaculture Nutrition. 1996. p.183-191.

JAUME, D, *et al.* Curso practico de Entomologia. Copépodos. IMEDEA, Instituto Mediterraneo de Estudios Avanzados, Departamento de Fisiología y Zoología. Sevilla España: Esporles, 2000.

LAGOS, VIVIANA. Incubación y cultivo larval de *Lutjanus guttatus*; pargo manchado (pisces: Lutjanidae). Trabajo de grado (Ingeniería en Acuicultura). Coquimbo, Chile: Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del mar, 2000. P.15- 85.

LAZO, JUAN PABLO. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. En: Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Yucatán, México. Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada. Departamento de acuicultura. Noviembre, 2000. p. 300-315.

LEE K, PARK H, LEE S & KANG H. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. 2006. En: Revista Aquaculture. www.sciencedirect.com.

LOAIZA, Jairo, RIASCOS, Z & RUBIO, E, Crecimiento y sobrevivencia del Pargo *Lutjanus argentiventris* (Pisces: Lutjanidae) criado en jaulas flotantes con salinidades variables en el Estuario de la Bahía de Buenaventura. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Biología Marina, Departamento de Biología, 2006. p. 1-8. En:www.civa2006.org.

LUIZI, F *et al.* Further description of the development of the digestive organs in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvaghngfunhche, with notes on differential absorption of copepod and *Artemia* prey. En: Revista Aquaculture www.science direct.com. 1999 Vol.176. p. 101–116.

MORILLO, W. Evaluación del efecto de dietas alimenticias microalgales, en cultivos de copépodos calanoideos de Influencia en la estación acuícola bahía Málaga Buenaventura Colombia, 2010. Universidad de Nariño, facultad de ciencias pecuarias, programa de ingeniería en producción acuícola. p. 45.

OLIVOTTO, I, *et al.* The use of the Mediterranean calanoid copepod *Centropages typicus* in Yellowtail clownfish (*Amphiprion clarkii*). En: Revista Aquaculture. www.sciencedirect.com. 2008.Vol. 284. p. 211-220.

OLIVOTTO, I, *et al.* The use of harpacticoid copepods as live prey for *Amphiprion clarkii* larviculture: Effects on larval survival and growth. En: Revista Aquaculture. www.sciencedirect.com. 2008, Vol.274. p. 347-352.

PRIETO, M Y ATENSIO, V. Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. Universidad de Córdoba, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas CINPIC, Montería, Colombia. En: www.scielo.org,co/scielo.php.

PRIETO, M, *et al.* Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos. Revista MVZ Córdoba, enero – junio, año/vol.11, suplemento 1. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

PUELLO-CRUZ, A; GONZALEZ, B y GARCIA, A. Investigación en producción y uso de copépodos en larvicultura marina. CIAD, Centro de investigación en Alimentación y desarrollo. Unidad en acuicultura y manejo ambiental, Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 2008.

RIPPINGALE R, Payne M. Intensive cultivation of a calanoid copepod *Gladioferens imparipes* a guide to procedures. Department of Environmental Biology. Curtin University of Technology, Perth, Australia 2001. Disponible en: URL: <http://www.aims.gov.au/pages/research/hatchery-feeds/pdf/copepod-culture-manual.pdf>. p.60.

RUIZ J, JIMÉNEZ C. Aspectos reproductivos y cultivo experimental del copépodo ciclopoide marino *Cyclopina* sp. [Trabajo de grado] Montería (Col); Universidad de Córdoba; 2007.

RUIZ, Olga. Caracterización de diversas poblaciones de *Artemia* desde el punto de vista de su composición en ácidos grasos y de sus patrones moleculares. Universitat de Valencia. Departament servei de publicacions. 2008.

SCHIPP, G, BOSMANS, J & MARSHALL, A. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp. En: Revista Aquaculture. www.science direct.com. 1999. Vol.174. p. 81-90.

SIERRA, J. Inducción hormonal (hcg) al desove y larvicultura del pargo lunarejo *lutjanus guttatus* como alternativa de diversificación para la maricultura en el pacífico colombiano. Corporación Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia – CENIACUA. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola año II, vol. 2, 2007. ISSN 1909 – 8138. www.udenar.edu.co/acuicola/revista/archivo/a3vol3/conf14.pdf

SIPAÚBA TAVARES, L y ROCHA, O. Producao de plancton (fitoplancton e zooplancton) para alimentacao de organismos acuáticos. Rima Editora. San Carlos, Sao Pablo Brasil. 2003. p. 12-65.

SORGELOOS, P; LAVENS, P; LÉ; P; TACKAERT, W y VERSICHELE, D. Manual para el cultivo y uso de *Artemia* en acuicultura. En: www,fao.org/docrep/field. Centro de referencia de Artemia, Rozier 44, B_9000 Gent, Bélgica. Programa Cooperativo Gubernamental FAO-Italia.

SU, H; CHENG, S; CHEN, T y SU, M. Culture of copepods and aplicaciones to marine finfish larval rearing in Taiwan. In COPEPODS in ACUACULTURE. En: www.sciencedirect.com. Blacckwell publishing, 2005.

TORRES, G. Cultivo experimental de los copépodos marinos *Oithona* sp Y *Cyclopina* sp. Trabajo de grado. Universidad de Córdoba. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de ciencias acuícolas. Montería.2008.

VAN, R, *et al.* Dietary supplementation with arachidonic acid alters the stress response of gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. En: Revista Aquaculture. www.sciencedirect.com. 2004. Vol.238. p. 369-383.

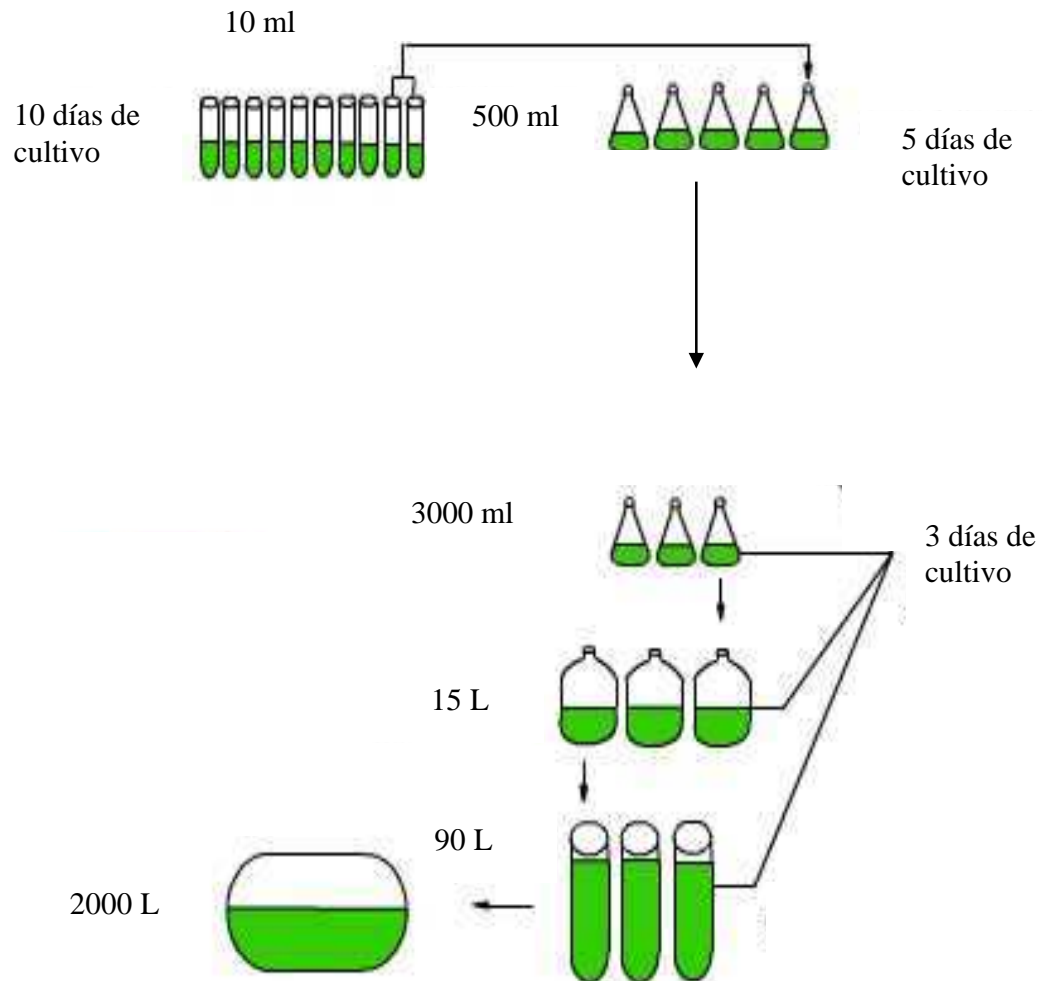
VELEZ, A, Producción de Alimento Vivo para Hatchery de Peces Marinos. En: Conferencia Internacional Aqua Sur Chile: s.n.e, Marzo 2002. En: URL: www.aquasur.cl.

WALTER T. The world of copepod. En: crustacea.net., an information of Smithsonian National Museum of Natural History 2007. En: http://invertebrates.si.edu/copepod/#top.

www.ica.gov.co/getdoc/Estacion-de-Acuicultura-Marina-Bahia-Malaga

ANEXOS

Anexo A. Protocolo cultivo de microalgas EABM.



Anexo B. Análisis de varianza para temperatura.

Tabla ANOVA para temperatura segun tto

Análisis de la varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	30458,6	2	15229,3	1,01	0,3681
Intra grupos	1,17334E	78	15042,9		
Total (Corr.)	1,2068E6	80			

p valor > 0,05 no hay diferencia estadística significativa

Anexo C. Análisis de varianza para salinidad.

Tabla ANOVA para salinidad según tto

Análisis de la varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	5608,47	2	2804,23	2,01	0,1406
Intra grupos	108720,0	78	1393,84		
Total (Corr.)	114328,0	80			

p valor > 0,05 no hay diferencia estadística significativa

Anexo D. Análisis de varianza para pH.

Tabla ANOVA para pH según tto

Análisis de la varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	15636,4	2	7818,19	1,00	0,3718
Intra grupos	608625,0	78	7802,88		
Total (Corr.)	644261,0	80			

p valor > 0,05 no hay diferencia estadística significativa

Anexo E. Análisis de varianza para temperatura oxígeno disuelto.

Tabla ANOVA para Oxígeno disuelto según tto

Análisis de la varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,468585	2	0,234293	1,20	0,3069
Intra grupos	15,2358	78	0,19533		
Total (Corr.)	15,7044	80			

p valor > 0,05 no hay diferencia estadística significativa

Anexo F. Prueba de Brand Snedecor para la variable mortalidad

Respuesta	T1	T2	T3	Total
Éxito	149	242,00	225,00	616,00
Fracaso	181,00	88,00	105,00	374,00
Total	330,00	330,00	330,00	990,00
Pi	0,452	0,733	0,682	0,622
Pi*a _i	67,276	177,467	153,409	383,289

Anexo G. Prueba de comparación de proporciones para la variable mortalidad

P1-P2				
		T1	T2	T3
		0,452	0,733	0,682
T2	0,682	-0,230	0,052	-
T1	0,733	-0,282	-	
T0	0,452	-		

Comparación entre proporciones valores de Z

	Z
T1-T2	*-7,3670
T2-T3	1,4500
T1-T3	*- 5,9700

Ho se rechaza si:

$$Z > Z_{1-\alpha/2} = Z_{0,975} = 1.96 \text{ ó}$$

$$Z < Z_{\alpha/2} = Z_{0,025} = -1.96$$

* Existen diferencias estadísticas significativas

Anexo H. Prueba de Brand Snedecor para la variable Resistencia al estrés

Respuesta	T1	T2	T3	Total
Éxito	38	50	52	140
Fracaso	31	19	17	67
Total	69	69	69	207
Pi	0,551	0,725	0,754	0,676
Pi*a _i	20,928	36,232	39,188	94,686

Comparación entre proporciones valores de Z

	Z
T1-T2	*- 2,1252
T2-T3	-0,3877
T1-T3	*- 2,5022

Ho se rechaza si:

$$Z > Z_{1-\alpha/2} = Z_{0,975} = 1.96 \text{ ó}$$

$$Z < Z_{\alpha/2} = Z_{0,025} = -1.96$$

* Existen diferencias estadísticas significativas

Anexo I. Contraste de proporciones para la variable Resistencia al estrés

P1-P2

		T1	T2	T3
		0,551	0,725	0,754
T2	0,754	-0,203	- 0,03	-
T1	0,725	-0,174	-	
T0	0,551	-		

Anexo J. Análisis de varianza para la variable longitud

Tabla ANOVA para K_Longitud segun tto

Análisis de la varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,00000182178	2	9,1089E-7	0,14	0,8671
Intra grupos	0,000382471	60	0,00000637452		
Total (Corr.)	0,000384293	62			

Contraste de Varianza

Contraste C de Cochran: 0,427781 P-valor = 0,411666

Contraste de Bartlett: 1,02322 P-valor = 0,509885

Contraste de Hartley: 1,6851

Test de Levene: 0,541367 P-valor = 0,584768

p valor > 0,05 no hay diferencia estadística significativa

