



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

IMPACTO DE LAS MICROALGAS *Chloroidium saccharophilum* Y *Diacronema
lutheri* EN DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE LA DENSIDAD
POBLACIONAL DEL COPÉPODO *Apocyclops sp.*

**Línea de investigación:
Desarrollo de productos de la acuicultura**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

Autor

Morante Mendoza, Ayrton Armando

Asesor

Figueroa Vargas Machuca, Manuel Eduardo

ORCID: 0000-0003-1099-446X

Jurado

Rodenas Seytuque, Pedro José

Llontop Vélez, Carlos

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Lima - Perú

2025

IMPACTO DE LAS MICROALGAS *Chloroidium saccharophilum* Y *Diacronema lutheri* EN DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE LA DENSIDAD POBLACIONAL DEL COPÉPODO *Apocyclops* sp.

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	6%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	revistas.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorioinstitucional.uabc.mx Fuente de Internet	<1%
5	www.jove.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	cibnor.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	<1%
9	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
10	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA

IMPACTO DE LAS MICROALGAS *Chloroidium saccharophilum* Y *Diacronema lutheri*
EN DIFERENTES CONCENTRACIONES SOBRE LA DENSIDAD POBLACIONAL DEL
COPÉPODO *Apocyclops* sp.

Línea de Investigación:

Desarrollo de productos de la acuicultura

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

Autor:

Morante Mendoza, Ayrton Armando

Asesor:

Figueroa Vargas-Machuca, Manuel Eduardo

ORCID: 0000-0003-1099-446X

Jurado:

Rodenas Seytuque, Pedro José

Llontop Vélez, Carlos

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para culminar este camino.

A mis padres, Armando y María, cuyo amor incondicional, sacrificio y ejemplo de vida me han permitido alcanzar este logro. Ellos son mi mayor orgullo y el pilar sobre el cual se sostiene todo lo que he conseguido.

A mi hermana Steffy, por ser fuente de inspiración, apoyo inquebrantable, cuidado en todo momento y ejemplo de perseverancia.

A mi querido Ares, compañero leal que con su presencia alegró cada etapa de este proceso.

A mi familia y amigos por el apoyo constante durante todo este proceso en especial a Gregori, Joselito, Rosa, Guissela, Meli, Kasy, Jhon, Jhonatan, Alis, Nelson, Jhony, Matheo, Mario, Pilar, Andrea, Robert, Gregorio, Sari, Hermelinda, Amelia, Leonel, Adriano, Jhoncito, Sergio, Yanira, Lenin, Jean Pierre, Randy, Nigel, Chris, Aaron, Alexander, Liz, Ines, Brigitte, Renzo, Aneana, Jorge y Saenz.

A Alexandra, por su apoyo, comprensión y aliento constante, los cuales hicieron más llevadero este camino.

A mi abuelita Etelvina, mi tío Vicente y mi sobrino Renato, cuya memoria me acompaña siempre.

Agradecimientos

A mi asesor el Ing. Manuel Eduardo Figueroa, por su valiosa orientación, confianza, paciencia y constante apoyo académico para el desarrollo de este trabajo y durante la etapa universitaria.

A la empresa SPONDYLUS MARINE SOLUTIONS S.A.C., por las facilidades brindadas y el apoyo necesario para el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes por compartir su experiencia, por sus enseñanzas y por su compromiso en especial al Ing. Valentín Mogollón por la confianza y guía en todo momento.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Federico Villarreal, y a la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura, por brindarme la formación y las herramientas necesarias para mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a este logro, muchas gracias.

ÍNDICE

Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos	10
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	10
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	10
1.4. Justificación.....	11
1.5. Hipótesis.....	12
II. MARCO TEORICO	13
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	13
2.1.1. <i>Organismos de vida libre</i>	13
2.1.2. <i>Copépodos</i>	13
2.1.3. <i>Aspectos morfológicos de los copépodos</i>	14
2.1.4. <i>Distribución de los Copépodos</i>	20
2.1.5. <i>Apocyclops sp</i>	20
2.1.6. <i>Microalgas</i>	21
2.1.7. <i>Chloroidium saccharophilum</i>	23
2.1.8. <i>Diacronema lutheri</i>	25
III. METODO	27
3.1. Tipo de Investigación	27
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	27
3.3. Variables.....	27

3.4.	Población y muestra	28
3.5.	Instrumentos	28
3.6.	Procedimientos	29
3.6.1.	<i>Mantenimiento de cepa</i>	29
3.6.2.	<i>Tratamiento de agua de mar</i>	31
3.6.3.	<i>Cultivo de microalgas</i>	31
3.6.4.	<i>Cultivo de copépodos</i>	33
3.6.5.	<i>Muestreo de copépodos</i>	35
3.7.	Análisis de datos	37
IV.	RESULTADOS	38
4.1.	Dieta monoalgal a base de <i>Chloroidium saccharophilum</i>	38
4.2.	Dieta monoalgal a base de <i>Diacronema lutheri</i>	42
4.3.	Análisis de datos	47
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
VI.	CONCLUSIONES	52
VII.	RECOMENDACIONES	53
VIII.	REFERENCIAS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características morfológicas de los 5 estadios de copepodito y adultos de copépodos	19
Tabla 2 Taxonomía de <i>Apocyclops</i> sp.....	21
Tabla 3 Taxonomía de <i>Chloroidium saccharophilum</i>	24
Tabla 4 Taxonomía de <i>Diacronema lutheri</i>	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Apocyclops panamensis</i>	14
Figura 2 Partes del cuerpo de un copépodo ciclopoideo	17
Figura 3 Ubicación de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura.....	27
Figura 4 Copépodos <i>Apocyclops</i> sp.	30
Figura 5 Copépodos de diferentes estadios en cámara Sedgewick-Rafter	30
Figura 6 <i>Diacronema lutheri</i> cultivada para alimentar a copépodos	32
Figura 7 Revisión de siembra de cepa de <i>Chloroidium saccharophilum</i>	32
Figura 8 Revisión de cepa de <i>Diacronema lutheri</i>	33
Figura 9 Revisión de siembra de copépodos	34
Figura 10 Nauplio de <i>Apocyclops</i> sp. cultivado	34
Figura 11 Copépodito de <i>Apocyclops</i> sp.....	35
Figura 12 Copépodo hembra de <i>Apocyclops</i> sp.....	35
Figura 13 Cámara de Sedgewick-Rafter utilizada para conteo de zooplankton de 1 mL	36
Figura 14 Densidad de copépodos en el tratamiento 1	38
Figura 15 Curva de crecimiento del tratamiento 1	39
Figura 16 Densidad de copépodos en el tratamiento 2	40
Figura 17 Curva de crecimiento del tratamiento 2	40
Figura 18 Densidad de copépodos en el tratamiento 3	41
Figura 19 Curva de crecimiento del tratamiento 3	42
Figura 20 Densidad de copépodos en el tratamiento 4	43
Figura 21 Curva de crecimiento del tratamiento 4	43
Figura 22 Densidad de copépodos en el tratamiento 5	44
Figura 23 Curva de crecimiento del tratamiento 5	45

Figura 24 Densidad de copépodos en el tratamiento 6	46
Figura 25 Curva de crecimiento del tratamiento 6	46

Resumen

La presente investigación evaluó el impacto de las microalgas *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri* en diferentes concentraciones sobre la densidad poblacional del copépodo *Apocyclops* sp.; se establecieron seis tratamientos con diferentes concentraciones de microalgas ($2,5 \times 10^6$, 5×10^6 y 10×10^6 células/ml), realizando un seguimiento durante 10 días. Los resultados mostraron que la dieta con *Diacronema lutheri* a 5×10^6 células/ml alcanzó la mayor densidad poblacional, registrando 4969 ± 1887 organismos/L en el día 9. En comparación, la dieta con *Chloroidium saccharophilum* a la misma concentración alcanzó un máximo de 1790 ± 809 organismos/L en el día 10. El análisis estadístico realizado con la prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($p < 0,05$), lo que sugiere que la composición nutricional de *Diacronema lutheri* contribuye a un mayor incremento en la población de *Apocyclops* sp., siempre que se mantengan bajo control factores como la temperatura, salinidad y aireación para asegurar un ambiente óptimo. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente las microalgas en cultivos de copépodos, optimizando su producción y reduciendo costos en acuicultura. Se concluye que *Diacronema lutheri* es una mejor opción para maximizar la densidad de copépodos, lo que puede beneficiar la nutrición larval de especies marinas de peces en criaderos. Así, esta investigación contribuye al desarrollo de estrategias más eficientes para el cultivo de alimento vivo para la acuicultura marina, mejorando la disponibilidad de copépodos como recurso nutricional.

Palabras clave: Apocyclops, Chloroidium saccharophilum, Diacronema lutheri

Abstract

The present investigation evaluated the impact of the microalgae *Chloroidium saccharophilum* and *Diacronema lutheri* at different concentrations on the population density of the copepod *Apocyclops* sp.; six treatments were established with different concentrations of microalgae (2.5×10^6 , 5×10^6 and 10×10^6 cells/ml), monitoring for 10 days. The results showed that the diet with *Diacronema lutheri* at 5×10^6 cells/ml reached the highest population density, recording 4969 ± 1887 organisms/L on day 9. In comparison, the diet with *Chloroidium saccharophilum* at the same concentration reached a maximum of 1790 ± 809 organisms/L on day 10. The application of the statistical analysis through the Kruskal-Wallis test allowed identifying statistically significant differences between treatments ($p < 0.05$), indicating that the nutritional composition of *Diacronema lutheri* favors a higher population growth of *Apocyclops* sp.; controlling temperature, salinity and aeration to guarantee optimal conditions. These findings highlight the importance of properly selecting microalgae in copepod cultures, optimizing their production and reducing costs in aquaculture. It is concluded that *Diacronema lutheri* is a better option to maximize copepod density, which can benefit larval nutrition of marine fish species in hatcheries. Thus, this research contributes to the development of more efficient strategies for live feed culture for marine aquaculture, improving the availability of copepods as a nutritional resource.

Key words: Apocyclops, Chloroidium saccharophilum, Diacronema lutheri.

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

El zooplancton está compuesto por una amplia diversidad de organismos, que incluyen formas juveniles, larvales y adultas pertenecientes a casi todos los grupos zoológicos (Raymont, 1980). Estos organismos, característicos del plancton, permanecen suspendidos en la columna de agua y se desplazan pasivamente siguiendo los movimientos de las masas acuáticas. En los ecosistemas acuáticos, las comunidades zoo planctónicas exhiben variaciones tanto espaciales como temporales, tanto en su estructura composicional como en los niveles de biomasa que presentan (Gasca y Suárez, 1996).

Diversos criterios pueden emplearse para clasificar los distintos grupos que conforman el zooplancton, considerando aspectos como la morfología, el tamaño, la afinidad ecológica, la distribución geográfica o el ciclo de vida. Desde una perspectiva ecológica, se divide al zooplancton en 2: holoplancton y meroplancton. Este último comprende aquellos organismos que forman parte del plancton únicamente durante las etapas iniciales de su desarrollo, para luego adoptar hábitos bentónicos a medida que alcanzan su madurez (Björnberg, 1981).

El zooplancton desempeña un rol fundamental en los ecosistemas acuáticos al mediar en la transferencia de energía y nutrientes, posicionándose como un eslabón clave entre el fitoplancton, organismos de elevada biomasa, y los niveles tróficos superiores, ya que constituye un recurso alimenticio esencial para muchos organismos depredadores (Björnberg, 1981). Dentro de este grupo, los copépodos destacan por su relevancia ecológica, ya que son clave en el desarrollo temprano de varias especies de peces, muchas de ellas con valor comercial. Además, su dominio dentro del zooplancton es notable, representando entre el 50 % y el 80 % de la biomasa total tanto en zonas oceánicas como en áreas costeras y neríticas (Hulsemann, 1996).

En comparación con *Artemia*, los copépodos presentan un mayor valor nutricional, ya que cumplen de manera más eficiente con los requerimientos alimenticios de las larvas de peces marinos. Además, su versatilidad permite ser suministrados en distintas fases de desarrollo nauplios, copepoditos o adultos, y su característico desplazamiento en zigzag actúa como un estímulo visual atractivo para numerosos peces. Asimismo, estos organismos contribuyen al mantenimiento de la calidad del ambiente en los tanques de cultivo, ya que se alimentan activamente de microalgas y detritos acumulados en las paredes y el fondo (Lavens y Sorgeloos 1996).

Respecto a su valor nutricional, los copépodos son considerados una fuente alimenticia de alta calidad para las larvas de peces y crustáceos, destacando por su elevado contenido proteico (44 - 52 %) y por poseer aminoácidos favorables, aunque presenta poca deficiencia en metionina e histidina. Además, poseen un aporte significativo de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (HUFA), así como una mayor cantidad y calidad de enzimas digestivas en comparación con otros organismos utilizados como alimento vivo (Heath y Moore 1997; Stottrup y Norsker 1997).

Actualmente, en la larvicultura de peces se utilizan diversos organismos como rotíferos y *Artemia*, aunque los copépodos ofrecen una composición nutricional superior. Por ello, este estudio busca aprovechar el valor nutricional de los copépodos y evaluar el impacto de dietas mono algales a diferentes concentraciones en un parámetro clave del cultivo: la densidad poblacional. En tal sentido, el impacto de este estudio radica en generar información científica que contribuya a optimizar la producción de copépodos como alimento vivo, mejorando la eficiencia en el cultivo larval de peces marinos.

1.2. Antecedentes

En el ámbito internacional se han realizado estudios como los siguientes:

En un estudio realizado en Venezuela, Rosas et al. (1998) evaluaron el resultado del suministro de microalgas como: *Tetraselmis chui*, *Dunaliella salina*, *Nannochloropsis oculata* y *Chlorella* sp. al alimentar al copépodo *Oithona ovalis*. Obteniendo mayores densidades con *D. salina* y *T. chui* ($58,67 \pm 2,52$ y $47,33 \pm 3,05$ respectivamente) al ser cultivados en recipientes de 18 L por 8 días.

Pinto et al. (2001) en su estudio en Brasil, empleó al copépodo *Tisbe biminiensis*, alimentado con tres dietas: *Nitzschia closterium*, *Tetraselmis gracilis* y una mezcla de ambas, para evaluar su desarrollo y dinámica poblacional. Los resultados mostraron que el desarrollo larval se retrasó con *T. gracilis*, mientras que la fecundidad fue mayor con *N. closterium*. La tasa de aumento poblacional fue más alta con *N. closterium* (0.49 día^{-1}). Aunque el copépodo se desarrolló con ambas dietas, *N. closterium* favoreció mejor desarrollo, fecundidad y crecimiento poblacional.

En un estudio realizado en Chile, Giménez y Munita (2002) analizaron cómo influían tres tipos de dieta en la fecundidad de hembras del copépodo *Tisbe* sp.: basadas en *Nannochloris* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, y una mezcla 1:1 de microalga y levadura. Los resultados revelaron que la dieta compuesta exclusivamente por *Saccharomyces cerevisiae* generó la mayor producción de nauplios, con un promedio de 16,1 por puesta, seguida por la dieta combinada (14,5 nauplios) y, finalmente, la dieta a base de microalgas (5,4 nauplios).

En México, Perez et al. (2006) llevaron a cabo un estudio en Mazatlán, Sinaloa, con el objetivo de analizar el impacto de distintas dietas basadas en microalgas sobre la supervivencia y el crecimiento de *Apocyclops aff. panamensis*. El experimento tuvo una duración de 15 días y contempló siete tratamientos con diversas combinaciones de microalgas. Al término del ensayo, se observó que los copépodos alimentados exclusivamente con *Nannochloropsis* sp. alcanzaron una supervivencia del 15 % hasta la etapa de copepodito 5. En contraste, aquellos que recibieron una dieta compuesta únicamente por *Chaetoceros* sp. desarrollaron la mayor

longitud promedio, con un valor de 0.83 milímetros. Es importante señalar que la estabilidad del alimento suministrado influyó positivamente en su asimilación por parte de los copépodos, favoreciendo así su desarrollo.

Flores (2008) en México, investigó el efecto de tres dietas basadas en *Chaetoceros calcitrans* e *Isochrysis galbana* sobre el comportamiento poblacional, la composición bioquímica y la concentración de ácidos grasos del copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus* en cultivos a 26 ± 2 °C y 35 ± 1 UPS. Las dietas mono algales y la mezcla de ambas mostraron que el tratamiento con la combinación de ambas microalgas (T3) presentó la mayor producción de copépodos (1136 ± 406 cop/día), seguido por *C. calcitrans* (T1) y *I. galbana* (T2). Adicionalmente, observó un incremento progresivo en los contenidos de carbohidratos y proteínas conforme aumentaba la talla de los organismos, con la excepción del grupo correspondiente al mayor intervalo de tamaño (300 μ m o más). Esta disminución coincide con el periodo reproductivo, debido a que las hembras inician la formación de sacos ovígeros.

En Colombia, Morillo (2010) desarrolló un cultivo de copépodos calanoideos con el propósito de utilizarlos como alimento en la cría del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*). En este estudio, los copépodos fueron alimentados con tres tipos de microalgas, *Chaetoceros gracilis*, *Tetraselmis suecica* e *Isochrysis galbana*, así como con combinaciones de estas. El tratamiento con *Isochrysis galbana* + *Tetraselmis suecica* mostró la mayor supervivencia (78.9%). Los mejores resultados en la producción de nauplios se obtuvieron con las dietas de *Isochrysis galbana* (50 000 cel./mL) y la combinación de *C. gracilis* (100 000 cel. /mL) + *I. galbana*, alcanzando 29,09 nauplios/desove en cámaras multiceldas a diferentes concentraciones de microalgas.

Burbano (2010), en Colombia, examinó el efecto de alimentar a *Cyclopina sp.* con *Tetraselmis suecica* en cultivos de distintos volúmenes, con el objetivo de emplearlos en la larvicultura del *Lutjanus guttatus*. Se analizaron aspectos como supervivencia, crecimiento en

longitud, calidad de larvas y análisis de beneficio-costo. Se realizaron ensayos de alimentación con tres tratamientos: *Artemia* sp. (T1), *Cyclopina* sp. (T2) y una mezcla de ambos (T3). El mejor resultado de supervivencia se obtuvo con T2 (73.33%), seguido por T3 (68.18%) y T1 (45.15%).

Cambeft (2010) encontró en Ecuador que los copépodos del género *Acartia* alimentados con *Isochrysis* sp. mostraron una mayor supervivencia y transición de nauplio a copepodito que aquellos alimentados con *Tetraselmis* sp. y *Nannochloropsis* sp.

Camus y Zeng (2011) en Australia, realizó pruebas con dietas microalgas sobre la productividad del copépodo *Euterpina acutifrons*. Entre las dietas mono algales, *Chaetoceros muelleri* fue la mejor, mientras que la dieta binaria *Tetraselmis chuii* + *Chaetoceros muelleri* (Tet+Chaet) produjo la mayor cantidad de nauplios y la mejor supervivencia de nauplios (82.0%) y copepoditos (89.0%). También favoreció el desarrollo más rápido de nauplio a adulto (6.8 días). La esperanza de vida de las hembras fue mayor con Tet+Chaet (9.5 días).

García et al. (2012), en un estudio desarrollado en Brasil, investigaron la dieta más adecuada para la conservación en condiciones de laboratorio del copépodo *Temora turbinata*, una especie planctónica no autóctona del noreste brasileño con potencial como alimento vivo en sistemas de acuicultura. Durante un experimento de ocho días, se evaluaron indicadores como la supervivencia de los copépodos adultos, la frecuencia de oviposición y el porcentaje de eclosión de los nauplios, utilizando tres regímenes alimenticios: dos basados en microalgas individuales (*Thalassiosira weissflogii* y *Tetraselmis chuii*) y uno con una mezcla de ambas especies. Los resultados revelaron que la dieta compuesta exclusivamente por *T. weissflogii* favoreció tanto la producción de huevos como la supervivencia de los adultos, posicionándose como una opción alimenticia eficaz.

En el estudio realizado por Martínez-Córdova (2012) en México, se evaluó el cultivo de *Chaetoceros muelleri* empleando tres tipos de medio: un fertilizante agrícola (Agr-F), un

fertilizante formulado para uso acuícola (Aq-F) y el medio convencional F/2. Las microalgas cultivadas en Agr-F presentaron una mayor tasa de crecimiento y alcanzaron una mayor concentración celular al finalizar el experimento. Los copépodos alimentados con microalgas provenientes de los medios Agr-F y Aq-F mostraron mayores densidades poblacionales, tasas de fecundidad más elevadas y una relación adulto-nauplio superior. Asimismo, estos organismos presentaron un mayor contenido de proteínas y carbohidratos. En conjunto, los resultados evidencian que los medios Agr-F y Aq-F son alternativas viables para la producción eficiente de *C. muelleri*.

En una investigación llevada a cabo en Malasia, Matías-Peralta et al. (2012) evaluaron el efecto de diferentes regímenes alimenticios sobre el crecimiento, la reproducción y la supervivencia del copépodo *Nitocra affinis californica*, utilizando tres especies de microalgas: *Chaetoceros calcitrans*, *Nannochloropsis oculata* y *Tetraselmis tetrathele*, ofrecidas tanto de forma individual como en combinaciones. Los resultados más favorables en términos reproductivos y de desarrollo se obtuvieron al utilizar *C. calcitrans* en solitario y una dieta mixta compuesta por 50% *C. calcitrans*, 25% *N. oculata* y 25% *T. tetrathele*, lo cual resultó en una mayor producción de huevos, una descendencia más abundante y una alta tasa de supervivencia (98,8%). Asimismo, la mayor tasa de crecimiento específico se observó con *C. calcitrans*, mientras que la longevidad de las hembras se incrementó con las dietas combinadas.

En un estudio desarrollado en Colombia, Ruiz (2012) analizó al copépodo *Cyclopina* sp. al ser alimentado con distintas combinaciones de microalgas, con el objetivo de optimizar su uso en la piscicultura marina. Se implementaron cuatro tratamientos que incluían microalgas y levadura como fuentes alimenticias. El tratamiento T1, compuesto por *Tetraselmis suecica* e *Isochrysis galbana* en una proporción de 70:30 y una concentración de 400 000 células/ml, presentó los mejores resultados, alcanzando la mayor densidad de copépodos (10 ± 3

individuos/ml) y la mayor producción diaria de nauplios (6 ± 2 nauplios/ml) al día 15 del experimento.

Cazares (2014) en el país de México, evaluó el efecto de tres dietas mixtas con *Isochrysis galbana* (ISG), *Rhodomonas salina* (RHS) y *Chaetoceros muelleri* (CHM) en el copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus*. Las microalgas se mantuvieron a 5,47 µg/mL en cultivo semicontinuo. Después de 11 días, la dieta ISG-CHM mostró los mejores resultados con 90,3 % de supervivencia y 48 % de hembras ovígeras.

Castro-Mejía et al. (2014) evaluaron la densidad poblacional de copépodos cultivados en condiciones controladas (200 L, 25 ± 2 °C y pH entre 7 y 8), alimentándolos cada tres días con microalgas en una concentración de 500,000 células/mL. Se probaron dietas basadas en *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, *Sphaerocystis* sp. y una mezcla de las tres. Los resultados mostraron que *C. vulgaris* promovió la mayor densidad (>6,000 organismos/100 mL), mientras que la dieta combinada resultó en las densidades más bajas (300-900 organismos/100 mL).

Por su parte, Cordero y Barón (2014) realizaron una investigación centrada en analizar el impacto de distintas temperaturas y dietas sobre aspectos fundamentales del cultivo del copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus*, tales como el crecimiento, la supervivencia y el contenido lipídico, con especial atención a su perfil de ácidos grasos. Entre las nueve dietas basadas en microalgas evaluadas, *Isochrysis* sp. y *Chaetoceros muelleri* fueron las más eficaces, no solo por favorecer el desarrollo y la supervivencia, sino también por inducir altos niveles de ácidos grasos insaturados en los distintos estadios ontogénicos del organismo.

Por su parte, Velásquez et al. (2001), en un experimento realizado en Venezuela, examinaron el cultivo del copépodo *Apocyclops distans* bajo diferentes dietas a base de una sola microalga, utilizando *Tetraselmis chuii*, *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracilis*, así como combinaciones entre estas. Se observó que el uso exclusivo de *I. galbana* generó una

densidad promedio de $2,00 \pm 2,00$ individuos por 2 mL a una temperatura de 27 °C y una salinidad de 40 UPS. Además, se destacó que *T. chuii* promovió un crecimiento más eficiente, posiblemente asociado a una menor demanda energética en los copépodos alimentados con esta microalga.

En México, el estudio de Anzueto-Sánchez et al. (2014) examinó en condiciones de laboratorio el impacto conjunto de la temperatura y diversas concentraciones de *Isochrysis* sp. sobre el copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus*. Los resultados indicaron que la tasa de ingestión del organismo aumentó conforme se incrementó la concentración de la microalga, alcanzando un valor máximo de $16,41 \mu\text{g mL}^{-1}$. No obstante, dicha variable alimenticia no tuvo un impacto estadísticamente significativo en el desarrollo, crecimiento, fecundidad ni supervivencia del copépodo.

Barroso et al. (2015), en un estudio realizado en Brasil, evaluaron la eficacia de tres regímenes alimenticios en el cultivo del copépodo *Oithona hebes*. El Tratamiento 1 estuvo conformado por una dieta que combinó *Chaetoceros gracilis* y *Nannochloropsis oculata*, ambas en una concentración de 50,000 células/mL. En el Tratamiento 2 se empleó el suplemento comercial S.Parkle® INVE a razón de 1 gramo por millón de organismos, mientras que el Tratamiento 3 consistió en la administración de espirulina liofilizada en la misma proporción. Los resultados revelaron que el mayor crecimiento poblacional se obtuvo con el uso de S.Parkle, siendo este el único tratamiento en el que se registró la presencia de copepoditos. Además, los copépodos alimentados con S.Parkle exhibieron las concentraciones más elevadas de DHA.

Wang et al. (2015) en China, estudió al copépodo harpacticoide *Tigriopus japonicus*, alimentado con cinco especies de microalgas pelágicas para evaluar su desarrollo en las etapas de nauplio y copepodito. Los resultados indicaron que ambos estadios pudieron completar su desarrollo utilizando estas microalgas, aunque las concentraciones altas de ciertas especies

afectaron la supervivencia de los nauplios. Las microalgas *Chaetoceros muelleri*, *Skeletonema costatum*, *Prorocentrum micans* e *Isochrysis galbana* a concentraciones mayores a 8.50 $\mu\text{gC ml}^{-1}$ mostraron una supervivencia de 90%. Sin embargo, con *Nitzschia closterium f. minutissima* a la misma concentración, la supervivencia de los nauplios fue de 76.3%, sin afectar la supervivencia de los copepoditos.

Prieto-Guevara (2016) en Colombia, evaluó tres dietas basadas en microalgas, específicamente combinaciones de *Isochrysis galbana* (I), *Chaetoceros* sp. (C) y *Tetraselmis suecica* (T). El tratamiento con la combinación *I. galbana* y *Chaetoceros* sp. (T1) mostró los mejores resultados, con una tasa de crecimiento (TCE) de $0,317693 \pm 0,05$ días⁻¹ y un rendimiento de $0,51 \pm 0,07$ org./ml/día. Los nauplios alcanzaron una longitud promedio de $134,2 \pm 8,9$ μm , siendo esta dieta mixta la que mostró mayor eficiencia productiva

Franco et al. (2017), en un estudio realizado en Dinamarca, evaluaron la dieta de copépodos de la especie *Acartia tonsa* alimentados con *Rhodomonas baltica*. Los resultados evidenciaron que esta microalga proporcionó el mayor éxito de eclosión y favoreció una mayor supervivencia de los organismos. Asimismo, los autores reportaron que altas densidades de siembra incrementan las tasas de mortalidad durante el crecimiento; sin embargo, destacaron que en *A. tonsa* el aumento de la densidad no afecta de manera significativa su tasa de crecimiento ni su desarrollo.

En el ámbito nacional se han realizado estudios como los siguientes:

Torres (2019) reportó el aislamiento de dos especies de copépodos marinos nativos de la región de Tacna: *Hemicyclops* sp. y *Oithona nana*. Estos organismos fueron alimentados con las microalgas *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros* sp. bajo condiciones controladas de laboratorio. Los resultados indicaron que *Hemicyclops* sp. alcanzó su mayor tasa de desarrollo (TD) al ser alimentado con *I. galbana* a una concentración de 200 000 células/mL, registrando

una TD de $28,83 \times 10^4$ cel./ind/h. En cambio, *O. nana* presentó su mejor desempeño con *Chaetoceros* sp. a la misma concentración, con una TD de $15,42 \times 10^4$ cel./ind/h.

Por otro lado, Huanacuni et al. (2021) analizaron el efecto de dietas mono algales y mixtas, compuestas por *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros calcitrans*, sobre parámetros biológicos de *Oithona nana*, incluyendo crecimiento, tasa de ingestión, fecundidad y desarrollo. Aunque la dieta no generó variaciones significativas en la densidad poblacional ni en el crecimiento, la combinación de ambas microalgas favoreció un incremento en el número de desoves y nauplios por evento. Asimismo, se observó que el uso exclusivo de *I. galbana* acortó el tiempo de desarrollo, reduciendo el período de crecimiento a un rango entre 6,33 y 7,00 días.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de las dietas a base de microalgas *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri* en 3 diferentes concentraciones sobre la densidad poblacional del copépodo *Apocyclops* sp.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la densidad poblacional del copépodo *Apocyclops* sp. alimentado con *Chloroidium saccharophilum* a diferentes concentraciones.
- Determinar la velocidad de crecimiento del copépodo *Apocyclops* sp. alimentado con *Chloroidium saccharophilum* a diferentes concentraciones.
- Determinar la densidad poblacional del copépodo *Apocyclops* sp. alimentado con *Diacronema lutheri* a diferentes concentraciones.
- Determinar la velocidad de crecimiento del copépodo *Apocyclops* sp. alimentado con *Diacronema lutheri* a diferentes concentraciones.

1.4. Justificación

Uno de los principales retos en el desarrollo de la piscicultura radica en la nutrición adecuada de los peces durante su etapa larval, fase en la que se registra una elevada tasa de mortalidad (Lavens y Sorgeloos, 1996). Por esta razón, un laboratorio dedicado a la producción de larvas marinas debe contar con instalaciones especializadas para la generación continua de alimento vivo, que incluye tanto fitoplancton como zooplancton. El fitoplancton está compuesto principalmente por microalgas, mientras que el zooplancton se conforma en gran medida por micro crustáceos (Huanacuni y Espinoza, 2018).

Cabe resaltar que el alimento vivo posee características altamente beneficiosas para las larvas de peces y moluscos, tales como su tamaño microscópico, coloración, movilidad y capacidad para mantenerse en suspensión dentro de la columna de agua (Bengtson, 2003; Helm et al., 2004). Además, constituye una fuente nutricionalmente superior durante los primeros estadios de desarrollo debido a su elevado contenido de proteínas, vitaminas, aminoácidos y ácidos grasos esenciales (New, 1998). Asimismo, el fitoplancton desempeña un papel fundamental en la producción de zooplancton y representa la base primaria en las redes tróficas acuáticas (Falkowsky y Raven, 2007; Creswell, 2010).

Por esta razón, los hatcheries han empleado tradicionalmente como alimento vivo microalgas, rotíferos y *Artemia*. No obstante, tanto los rotíferos como *Artemia* suelen ser enriquecidos previamente con productos comerciales ricos en ácidos grasos antes de ser administrados a las larvas, lo que incrementa el gasto necesario para su producción (Sorgeloos et al., 2001; Cavalin y Weirich, 2009). Según Santhosh et al. (2015), los países que promueven la acuicultura marina están desarrollando tecnologías para incorporar copépodos marinos en la dieta larval, dado que estos organismos no requieren enriquecimiento adicional, al ser una fuente natural de ácidos grasos esenciales.

En cuanto al rotífero, este constituye uno de los organismos más utilizados para la producción de biomasa en acuicultura (Tamaru et al., 1991). Asimismo, es considerado un recurso alimenticio fundamental para larvas de peces marinos, principalmente debido a que su dimensión es menor al tamaño de la boca de larvas con menos de 45 días de vida (Snell y Carrillo, 1984). Debido a su naturaleza de filtradores no selectivos, los rotíferos son utilizados como vectores alimenticios, lo que permite modificar su composición nutricional mediante la incorporación de diferentes microalgas o emulsiones (Huanacuni y Espinoza, 2018).

Actualmente, se reconoce el valor nutricional de los copépodos y su significativo potencial en la acuicultura. Por este motivo, su inclusión en las dietas larvarias ha demostrado mejorar la supervivencia, el crecimiento y la pigmentación de los organismos consumidores, además de contribuir a disminuir la incidencia de enfermedades (Huanacuni y Espinoza, 2018).

En consecuencia, esta investigación se centra en evaluar el efecto de dietas mono algales compuestas por *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri* a tres distintas concentraciones sobre la densidad poblacional de copépodos del género *Apocyclops*. Este estudio permitirá obtener una comprensión detallada sobre cómo dichas variaciones nutricionales inciden en la densidad de población, contribuyendo a optimizar las estrategias alimenticias y reducir costos en acuicultura marina mediante la selección y uso eficiente de microalgas específicas en los cultivos.

1.5. Hipótesis

-Las dietas a base de *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri* tienen un impacto positivo sobre la densidad poblacional de los copépodos *Apocyclops* sp.

II.MARCO TEORICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Organismos de vida libre*

Conformado por un conjunto diverso de microalgas, protozoarios, copépodos y nematodos, presentes sobre todo en agua almacenada rica en materia orgánica en descomposición, por lo cual también son importantes indicadores del estado higiénico del agua (Atencio, 2018; Baca y Valdez, 2023). Asimismo, la unidad de medida de los organismos de vida libre es el número de organismos por cada litro (Ministerio de Salud [MINSA], 2011).

2.1.2. *Copépodos*

Los copépodos representan un grupo de pequeños crustáceos acuáticos que han logrado un notable éxito evolutivo (Hulsemann, 1996). Esta agrupación diversa y numerosa se ha adaptado a una amplia variedad de condiciones ambientales, abarcando desde aguas polares hasta fuentes termales, incluyendo todo el espectro de salinidades, desde aguas dulces hasta lagunas hipersalinas, así como diferentes profundidades, desde las zonas superficiales hasta las trincheras oceánicas (Gasca y Suárez, 1996).

Es importante destacar que, aunque la mayoría de las especies de copépodos habitan ambientes marinos, existen también representantes en aguas dulces, suelos húmedos, además de formas parásitas y comensales que interactúan con otros organismos. Estos crustáceos también pueden encontrarse en sedimentos, entre algas y en asociaciones simbióticas con distintas especies (Björnberg, 1981). Con aproximadamente 11,500 especies identificadas en todo el mundo, los copépodos representan uno de los grupos más abundantes en términos de número de individuos en la biosfera. De estas especies, más de 2,000 habitan en ecosistemas marinos (Jaume et al., 2001; Medellín-Mora y Navas, 2010).

Los copépodos suelen presentar un comportamiento predominantemente planctónico, constituyendo un componente esencial en las cadenas tróficas marinas, dado que se alimentan

de fitoplancton y sirven como fuente primaria de alimento para diversas especies ictícolas (Asturnatura, 2024). Además, desempeñan un papel fundamental en la regulación de las poblaciones de fitoplancton (Björnberg, 1981).

Asimismo, el análisis de copépodos ha sido empleado para estimar la productividad general y el estado ecológico de distintos ecosistemas acuáticos. No obstante, se conoce poco acerca del impacto que la variabilidad ambiental puede tener sobre su dinámica poblacional, abundancia y distribución (Bonilla, 2003). Varias especies han sido utilizadas para caracterizar y establecer relaciones con las condiciones oceanográficas y los diferentes tipos de masas de agua, reconociéndose como excelentes indicadores biológicos (Suárez, 2015).

2.1.3. Aspectos morfológicos de los copépodos

El cuerpo de los copépodos presenta una forma alargada y casi cilíndrica, siendo más ancho en la región anterior. La cabeza, que generalmente termina en un extremo redondeado, posee un ojo nauplio claramente visible y dos antenas primarias largas que se disponen perpendicularmente al eje corporal (Figuras 1 y 2) (Björnberg, 1981).

Figura 1

Apocyclops panamensis



Nota. Fuente: Reef and fish (2025)

La porción frontal del cuerpo, compuesta por la cabeza y el tórax fusionados, se conoce como cefalotórax. Esta zona presenta seis pares de apéndices cefálicos, entre los cuales se encuentran: el primer par de antenas unirrámeas, caracterizadas por poseer una sola rama; el segundo par de antenas birrámeas, compuestas por un endópodo y un exópodo (Hulsemann, 1996); las mandíbulas poseen una gnatobase, una estructura espinosa ubicada en la parte media de ciertos artejos que permite triturar y movilizar el alimento hacia la boca; además, están acompañadas por palpos birrámeos. A estas se suman las maxilas, un primer par de maxilípedos unirrámeos situados en el segmento unido al cefalón, y un segundo par de maxilípedos (Björnberg, 1981).

Desde el segundo hasta el sexto segmento torácico se encuentran apéndices birrámeos destinados a la locomoción. Estos presentan una placa de unión entre las dos ramas que permite un movimiento acompasado durante el batido. El quinto par de apéndices, conocido como P5, suele presentar modificaciones; en los machos se transforma en un órgano copulador, mientras que en las hembras suele estar atrofiado o ausente (Björnberg, 1981).

En cuanto al abdomen, o urosoma, este carece de apéndices; sin embargo, en su región distal se observan dos ramas caudales provistas de setas, las cuales están conformadas por un par de lóbulos insertados en la somita anal (Velázquez et al., 2001). El abdomen está compuesto por cinco segmentos, los cuales son más estrechos que los torácicos. En los dos primeros segmentos se localizan los gonoporos, los cuales están protegidos por una placa quitinosa conocida como la placa genital u opérculo genital. El segmento final del abdomen, denominado telson, corresponde a la región anal (Björnberg, 1981).

2.1.3.1. Tamaño. Los copépodos son organismos de pequeño tamaño corporal, con una longitud que generalmente oscila entre 0.2 y 5 mm; sin embargo, algunas especies de vida libre pueden alcanzar hasta 28 mm (Reid, 1985). En cuanto a su coloración, predominan las formas transparentes, aunque también se encuentran ejemplares con tonalidades rojizas, anaranjadas y azuladas (Suárez, 2015). En términos generales, los copépodos machos suelen ser de menor tamaño que las hembras, las cuales, además, predominan numéricamente dentro de las poblaciones (Margalef, 1983).

2.1.3.2. Alimentación. En los ecosistemas marinos, los copépodos representan el vínculo trófico más relevante entre el fitoplancton y los organismos de niveles tróficos superiores. Estos organismos son principalmente herbívoros filtradores, aunque algunas especies que habitan aguas profundas presentan hábitos carnívoros u omnívoros (Björnberg, 1981). Durante el proceso alimenticio, intervienen todos los apéndices del cefalotórax, incluyendo antenas, anténulas y apéndices bucales, que generan corrientes de agua hacia la zona ventral, transportando partículas alimenticias. Estas partículas son filtradas mediante las sedas de los apéndices alimenticios hasta alcanzar la boca.

Los grupos predominantes en la dieta de los copépodos son las diatomeas y los dinoflagelados (Palma y Kaiser, 1993). En su etapa de nauplios, actúan como micro filtradores pasivos, con un patrón alimenticio que en sistemas acuáticos continentales es comparable al de rotíferos y pequeños cladóceros (Margalef, 1983). Asimismo, a medida que avanzan en su desarrollo desde el estadio de copepodito hasta el adulto, el tamaño de las partículas filtradas aumenta progresivamente (Suárez, 2015).

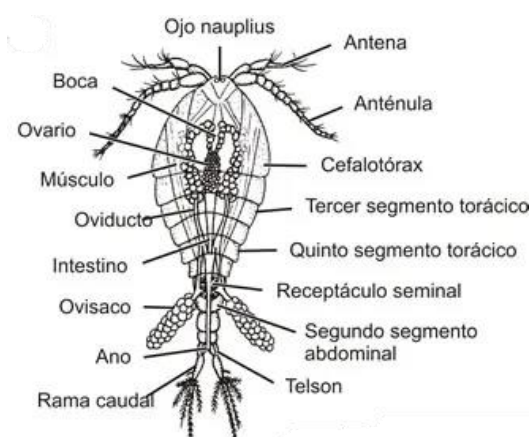
2.1.3.3. Locomoción. Respecto al desplazamiento, los copépodos utilizan sobre todo las segundas antenas y los apéndices del tórax, aunque la importancia de estos elementos difiere entre los distintos grupos taxonómicos. Las primeras antenas, por su parte, cumplen la función de frenar el desplazamiento, facilitando un descenso controlado. Este efecto se logra debido a la presencia de sedas que actúan como un paracaídas, especialmente durante los períodos de alimentación (Margalef, 1983; Hulsemann, 1996).

2.1.3.4. Reproducción. Los copépodos son organismos gonocóricos, lo que implica la existencia de sexos separados. Durante el apareamiento, no se produce una cópula directa; en lugar de ello, el macho transfiere el espermatozoide a la hembra a través de un espermatóforo, una estructura oval que se adhiere a uno de los dos poros copuladores situados en el segmento genital femenino (Sipaúba-Tavares, 1993; Sipaúba-Tavares et al., 2001; Sipaúba-Tavares y Rocha, 2003; McKinnon et al., 2003).

Posteriormente, los huevos pueden ser liberados de manera individual o, en ciertos casos, permanecen unidos mediante una sustancia gelatinosa, formando uno o dos racimos similares a racimos de uvas que se adhieren al segmento genital de la hembra (Palma y Kaiser, 1993).

Figura 2

Partes del cuerpo de un copépodo ciclopoideo



Nota. Fuente: Asturnatura (2024)

2.1.3.5. Ciclo de vida. El desarrollo ontogenético de los copépodos se da de manera progresiva, abarcando varias etapas distintas. Durante su ciclo de vida, atraviesan seis estadios naupliares o metanaupliares, seguidos por cinco estadios de copepodito antes de alcanzar la fase adulta. Es importante señalar que los individuos adultos no experimentan mudas posteriores. Los nauplios presentan un cuerpo ovalado e segmentado, con inicialmente tres pares de apéndices funcionales: anténulas, antenas y mandíbulas.

Los diferentes estadios naupliares y metanaupliares (NI a NVI) se distinguen principalmente por el nivel de desarrollo de sus apéndices, además de la formación progresiva de los muñones correspondientes a las maxílulas, maxilas, maxilípedos y los dos primeros pares de patas. Cuando el nauplio desarrolla más de tres pares de apéndices funcionales, se denomina metanauplio (Jaume et al., 2001).

En cuanto a los cinco estadios de copepodito (CI a CV), estos poseen la forma característica del copépodo adulto, con el cuerpo segmentado. Dada la alta proporción de copepoditos en una población, resulta fundamental su correcta identificación, ya que puede confundirse especialmente el estadio CV con un adulto. Esto se debe a que la mayoría de las claves taxonómicas disponibles se basan en caracteres morfológicos expresados únicamente en los individuos adultos (Suárez, 2015).

Por otra parte, Jaume et al. (2001) sugiere las siguientes características morfológicas por estadio para su distinción presentados en la siguiente tabla.

Tabla 1

Características morfológicas de los 5 estadios de copepodito y adultos de copépodos.

Estadio	Características
Copepodito I	Sólo 3 pares de patas
Copepodito II	4 pares de patas.
Copepodito III	5 pares de patas; 1 somito urosomal ápodo + telson
Copepodito IV	5 pares de patas; 2 somitos urosomales ápodos + telson.
Copepodito V	5 pares de patas, aunque las ramas no han alcanzado la segmentación definitiva; 3 somitos urosomales ápodos + telson.
Adulto	5 pares de patas con la segmentación definitiva; 4 somitos urosomales ápodos + telson. En la mayoría de especies, no obstante, la hembra sólo cuenta con 3 somitos urosomales ápodos + telson por la integración del somito genital y el primer somito abdominal en uno sólo.

Nota. Fuente: Jaume et al., 2001.

La duración del ciclo vital completo de los copépodos varía según la especie, oscilando desde aproximadamente una semana hasta más de un año. Asimismo, el número de generaciones anuales depende estrechamente del hábitat específico que ocupa cada especie (Palma y Kaiser, 1993).

2.1.4. Distribución de los Copépodos

La distribución de los copépodos marinos depende principalmente de factores físicos como la temperatura, salinidad, intensidad de la luz, turbidez e hidrodinámica, que afectan significativamente tanto su distribución horizontal como vertical. Además, la abundancia y la composición específica de estas especies están fuertemente relacionadas con la producción primaria del ecosistema donde habitan (Björnberg, 1981; Hulsemann, 1996; Gasca y Suárez, 1996).

Las diferencias faunísticas entre los hábitats neríticos y oceánicos radican en que las aguas neríticas, ubicadas sobre la plataforma continental, poseen características oceánicas modificadas por el aporte de agua dulce, la entrada de materiales terrestres y condiciones climáticas particulares. En estos ambientes, las fluctuaciones estacionales y la influencia de las mareas son más pronunciadas, resultando en una mayor productividad. Generalmente, la concentración de copépodos es mayor en las aguas de la plataforma continental, mientras que la diversidad de especies suele incrementarse en las zonas oceánicas (Hulsemann, 1996).

Además, existe una marcada división vertical en la distribución de los copépodos, debido a que las capas superficiales, relativamente más cálidas, y las aguas profundas, más frías, conforman biotopos con características diferenciadas. Asimismo, la riqueza específica suele incrementarse con la profundidad (Gasca y Suárez, 1996).

2.1.5. *Apocyclops* sp

Los copépodos del género *Apocyclops*, se encuentran en aguas salobres (lagunas costeras, bahías, estuarios, lagos de cuevas o zonas desérticas), principalmente en regiones tropicales y subtropicales. Entre las especies descritas para este género, se han registrado la ocurrencia del copépodo *A. procerus* en el estuario del río Piauí-Fundo, en Brasil. Asimismo, se ha observado que en esta especie hay desarrollo de antenas entre los estadios de copepodito y hembra adulta (Lira, 2002).

Son copépodos epi-bentónicos, capaces de consumir cianobacteria, diatomeas, algas y detritus, combatiéndolos activamente. Tienen una tasa de reproducción extremadamente rápida, siendo la más rápida entre las especies de copépodos comercializadas. Además, al ser organismos epi-bentónicos, son más biodisponibles para los corales y larvas, especialmente en sus fases naupliares (Jellyfarmer, 2024).

Tabla 2

Taxonomía de Apocyclops sp

Taxonomía	
Reino	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Clase	: Copepoda
Orden	: Cyclopoida
Familia	: Cyclopidae
Genero	: <i>Apocyclops</i>
Especie	: <i>Apocyclops</i> sp.

Nota. Fuente: World Register of Marine Species (2023).

2.1.6. *Microalgas*

Se considera microalgas a un amplio grupo de organismos que conforman el fitoplancton, abarcando desde especies autótrofas hasta microflagelados y microciliados auxótrofos. Estas especies proporcionan un elevado contenido nutricional esencial para peces, crustáceos y moluscos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1989).

Las microalgas desempeñan un papel fundamental en la acuicultura, dado que aproximadamente el 90 % de los laboratorios de producción acuícola emplean alimento vivo en al menos una etapa del ciclo de vida de las especies cultivadas (Duerr et al., 1998).

También se ha investigado la viabilidad de diferentes especies de microalgas para su uso comercial, lo que ha impulsado el desarrollo de técnicas específicas para su aislamiento y cultivo en sistemas tanto interiores como al aire libre. Esto ha facilitado la implementación de tecnologías efectivas para el cultivo de diversas microalgas con fines comerciales. Estas microalgas, tanto marinas como de agua dulce, se caracterizan por ser de fácil cultivo, ofrecer altos rendimientos, poseer un elevado contenido proteico y carecer de toxicidad (Abalde et al., 1995).

Para la producción de organismos fotoautótrofos, se utilizan principalmente dos tipos de sistemas: abiertos y cerrados. Los sistemas abiertos permiten que la biomasa esté en contacto directo con el ambiente, mientras que los sistemas cerrados, denominados fotobiorreactores (PBR por sus siglas en inglés), limitan o eliminan dicho contacto, favoreciendo un mayor control de las condiciones de cultivo (Hernández-Pérez y Labbé, 2014).

Dentro de los sistemas abiertos, la tecnología de estanques tipo *Raceway* ha sido objeto de investigación desde la década de 1950 y cuenta con amplia experiencia en diseño e ingeniería. Las instalaciones más grandes dedicadas a la producción de biomasa mediante este método pueden abarcar superficies de hasta 440,000 m² (Spolaore et al., 2006).

Los sistemas tipo *raceway* están conformados por un circuito de canales en forma de bucle donde se hace circular el cultivo. Esta circulación es promovida por una rueda de paletas (*paddlewheel*), la cual permite mantener una mezcla constante, garantizando así la distribución uniforme de los nutrientes y de los microorganismos presentes en el sistema. El flujo del cultivo es dirigido por deflectores (*baffles*) ubicados en los canales. Estos sistemas suelen construirse con materiales como hormigón o tierra compactada y, frecuentemente, se recubren con plástico blanco para maximizar la captación de luz por parte de las microalgas (Fernández-Linares et al., 2012).

Es importante señalar que el enfriamiento del sistema en los estanques tipo *Raceway* se logra principalmente por evaporación, lo cual constituye una de sus ventajas frente a otras tecnologías. Sin embargo, este proceso puede generar una pérdida considerable de agua. Además, debido al intercambio gaseoso que estos sistemas mantienen con la atmósfera, el uso de dióxido de carbono es menos eficiente en comparación con los fotobiorreactores (Fernández-Linares et al., 2012).

En cuanto a los fotobiorreactores, a diferencia de los sistemas abiertos, permiten cultivar una única especie de microalga durante períodos más largos, lo que los hace ideales para la producción intensiva de biomasa algal. Los fotobiorreactores tubulares están compuestos por una serie de tubos transparentes, generalmente de plástico o vidrio, a través de los cuales la luz incide sobre las microalgas para promover la fotosíntesis. Estos tubos suelen tener un diámetro limitado a unos 0,1 m o menos, ya que un diámetro mayor dificultaría el paso de la luz en las áreas más profundas (Fernández-Linares et al., 2012).

Este aspecto es fundamental, ya que alcanzar un alto rendimiento en la producción de biomasa depende directamente de mantener elevadas densidades celulares. Para ello, los tubos o colectores solares se colocan de forma estratégica para optimizar la captación de luz solar. Comúnmente, se instalan en paralelo sobre el terreno o en disposición horizontal tipo valla, lo que permite aumentar la cantidad de tubos activos por unidad de superficie. Además, su orientación suele seguir un eje Norte-Sur, lo que mejora la eficiencia en la exposición solar a lo largo del día (Fernández-Linares et al., 2012).

2.1.7. *Chloroidium saccharophilum*

La clasificación taxonómica de *Chloroidium saccharophilum* es la siguiente:

Tabla 3*Taxonomía de Chloroidium saccharophilum*

Taxonomía	
Reino	: Eukaryota
Phylum	: Chlorophyta
Clase	: Trebouxiophyceae
Orden	: Watanabeales
Familia	: Watanabeaceae
Genero	: <i>Chloroidium</i>
Especie	: <i>Chloroidium saccharophilum</i>

Nota. Fuente: Algaebase, 2024.

El género *Chloroidium* agrupa principalmente especies previamente clasificadas en los géneros *Chlorella* Beyerinck (como *C. ellipsoideum*, *C. lichenum*, *C. saccharophilum* y *C. viscosum*), *Parachloroidium* Neustupa y Skaloud (como *C. laureanum* y *C. lobatum*), y *Chlorocloster* Pascher (como *C. engadinensis*). Además, el género se caracteriza por células elipsoidales a esféricas, cloroplastos parietales (no en forma de copa) (Gontcharov et al., 2021).

Chloroidium saccharophilum son microalgas verdes unicelulares se encuentran ampliamente distribuidas en ecosistemas acuáticos y terrestres, especialmente en diversos biomas naturales, donde actúan tanto como organismos simbióticos como de vida libre. Las especies de este género poseen características bioquímicas, fisiológicas y genéticas que les facilitan la adaptación y el éxito en una amplia gama de nichos ecológicos (Egorova et al., 2022).

Las características morfológicas y ecofisiológicas de *Chloroidium* sp. explican su distribución diferente en comparación con otras cepas. La producción de autosporas de tamaños variados ofrece ventajas, ya que las autosporas grandes se desarrollan rápidamente, mientras

que las pequeñas se dispersan mejor por el viento. También se observa la formación de "esporangios dobles", lo que aumenta la flexibilidad en la reproducción y permite a estas especies adaptarse y sobrevivir en ambientes cambiantes (Darienkov et al., 2010).

Esta microalga muestra un comportamiento similar al de *Chlorella vulgaris*, ya que una célula madura puede producir entre 2 y 8 autosporas de $2\text{ }\mu\text{m} \times 3\text{ }\mu\text{m}$. Se cree que ambas especies se replican produciendo dos células hijas por cada división, con la capacidad de generar una cantidad variable de autosporas; en el caso de *C. vulgaris*, una célula madura puede producir dos, cuatro, ocho o dieciséis autosporas (Zuppini et al., 2010).

Por otra parte, al ser cultivada heterótrofamente con glucosa como única fuente de carbono produce más ácidos grasos poliinsaturados (C18:2 y C18:3) que los cultivos fotosintéticos, especialmente ácido linoleico (C18:2). A bajas concentraciones de glucosa (2,5 g/l), el contenido de lípidos aumentó entre 36% y 47% del peso celular, mientras que a concentraciones más altas (5 g/l o más) disminuyó al 10-12%. La aireación favorece la producción de ácidos grasos insaturados (Tan y Johns, 1991).

2.1.8. *Diacronema lutheri*

En la siguiente tabla se presenta la taxonomía de la microalga.

Tabla 4

Taxonomía de Diacronema lutheri

Taxonomía	
Reino	: Chromista
Phylum	: Haptophyta
Clase	: Pavlovophyceae
Orden	: Pavloales
Familia	: Pavlovaceae
Genero	: <i>Diacronema</i>

Especie : *Diacronema lutheri*

Nota. Fuente: World Register of Marine Species (2024).

Se trata de una microalga móvil, con un tamaño celular de aproximadamente 5 a 6 micras. Sus células presentan un color café-amarillo y carecen de pared celular; además, poseen dos flagelos de diferente tamaño y un haptonema (Wilburn, 1990).

El triacilglicerol constituye el principal componente lipídico de esta microalga. Esta clase de lípidos puede acumularse cuando la microalga se encuentra en condiciones de exceso nutricional o bajo estrés, generalmente asociado al agotamiento de nutrientes. Asimismo, se ha reportado que la disminución en la tasa de crecimiento favorece un incremento en la cantidad de lípidos neutros, incluyendo el triacilglicerol (Meireles et al., 2003).

III.METODO

3.1. Tipo de Investigación

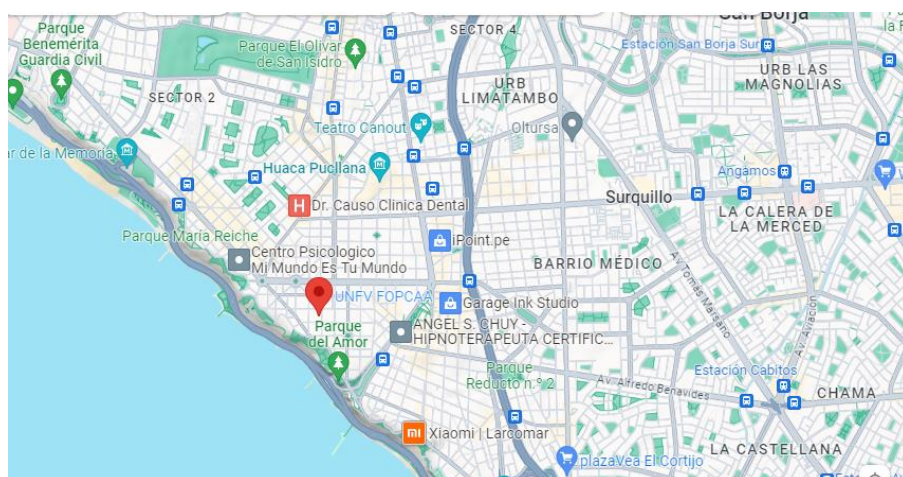
El tipo de investigación es experimental.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La prueba experimental se realizó durante los meses de enero - marzo (3 meses) en un ambiente con condiciones controladas ubicado en Calle la convención 181, Distrito de Comas y en el Laboratorio de Cultivos Menores perteneciente a la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura en Calle Francia 726, Distrito de Miraflores, Provincia de Lima.

Figura 3

Ubicación de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura.



Nota. Fuente: Google maps.

3.3. Variables

Las variables independientes son representadas por el tipo de dieta monoalgal (*Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri*) y la concentración de la dieta aplicado al cultivo de copépodos, mientras que la variable dependiente corresponde a la densidad poblacional de los copépodos *Apocyclops* sp. a condiciones controladas.

3.4. Población y muestra

La población a estudiar se obtuvo a partir de una cepa de copépodos *Apocyclops* sp., los cuales fueron mantenidos en vasos de precipitado de 1 L a una temperatura constante de 28 °C. Antes de iniciar la etapa experimental, se acondicionó un recipiente que contenía vasos de precipitado de 500 mL destinados al alojamiento de copépodos adultos en una proporción 1:1 (macho: hembra), con el objetivo de aclimatar previamente a los organismos.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Materiales para el cultivo de copépodos

- Mechero de alcohol
- Pipeta Pasteur
- Cámara Sedgewick Rafter
- Papel filtro
- Embudo de vidrio
- Vasos de precipitado de 500 mL
- Vasos de precipitado de 50 mL
- Agua desionizada
- Alcohol de 96°
- Caja organizadora de 40 L con tapa
- Piedra difusora
- Manguera siliconada
- Agua de mar
- Botellas plásticas de 1 L
- Llaves de pase
- Paliglobos
- Jarra de 2 L.

3.5.2. *Materiales para la siembra de microalgas en matraces*

- Mechero de alcohol
- Matraces de vidrio de 250 mL
- Aluminio
- Pipetas de 1 mL
- Agua destilada
- Medio Guillard F/2
- Alcohol 96°

3.5.3. *Equipos de laboratorio y escritorio*

- Balanza analítica
- Laptop
- Microscopio Nikon eclipse TS100
- Bomba de aire de 3W
- Termostato 5W
- Autoclave
- Fluorescente de 30W

3.6. Procedimientos

3.6.1. *Mantenimiento de cepa*

La cepa de copépodos fue obtenida del Laboratorio de Cultivos Menores y mantenida en placas Petri de 20 mL con agua de mar esterilizada mediante lámpara UV y filtrada a 1 μm (Torres, 2019). Posteriormente, se realizó un cultivo escalonado, iniciando en matraces Erlenmeyer de 250 mL, seguido por vasos de precipitado de 500 mL, envases de 3 L y finalmente un contenedor de 40 L, el cual se consideró como la población en stock para los experimentos posteriores.

Figura 4

Copépodos Apocyclops sp.



Nota. Izquierda: Copépodo hembra, Derecha: Copépodo macho

Figura 5

Copépodos de diferentes estadios en cámara Sedgewick-Rafter



3.6.2. Tratamiento de agua de mar

El agua de mar se mantuvo en un contenedor cubierto con tapa opaca, impidiendo la entrada de luz, durante al menos una semana. Luego, se realizó un proceso de filtración utilizando papel Whatman con poros de 1 micra para eliminar el material particulado. Finalmente, se llevó a cabo su esterilización mediante la exposición a una lámpara de luz ultravioleta (UV).

Después del tratamiento, se añadió 1 mL de solución de lejía Clorox al 2.18% por cada litro de agua, que fue sometida a oxigenación abundante durante 4 horas. Seguidamente, se incorporó 0.5 mL de solución de tiosulfato de sodio por litro de agua para neutralizar el cloro residual, y se mantuvo la aireación durante otras 4 horas. Por último, antes de utilizar el agua, se procedió a medir la concentración de cloro libre con el fin de garantizar su seguridad y adecuación para el cultivo

3.6.3. Cultivo de microalgas

Para el cultivo de las microalgas *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri*, se transfirieron, utilizando pipetas esterilizadas, 2 mL del cultivo madre a un matraz de 250 mL que contenía 100 mL de agua de mar previamente tratada y enriquecida con medio Guillard F/2. El matraz fue cubierto con un tampón de aluminio y ubicado en un área con una intensidad lumínica superior a 1500 lux y una temperatura controlada entre 20 y 22 °C. Estas condiciones favorecieron un crecimiento óptimo de las microalgas. Además, se realizó un monitoreo diario del crecimiento para asegurar la inocuidad del cultivo y obtener resultados óptimos.

Figura 6

Diacronema lutheri cultivada para alimentar a copépodos



Figura 7

Revisión de siembra de cepa de *Chloroidium saccharophilum*

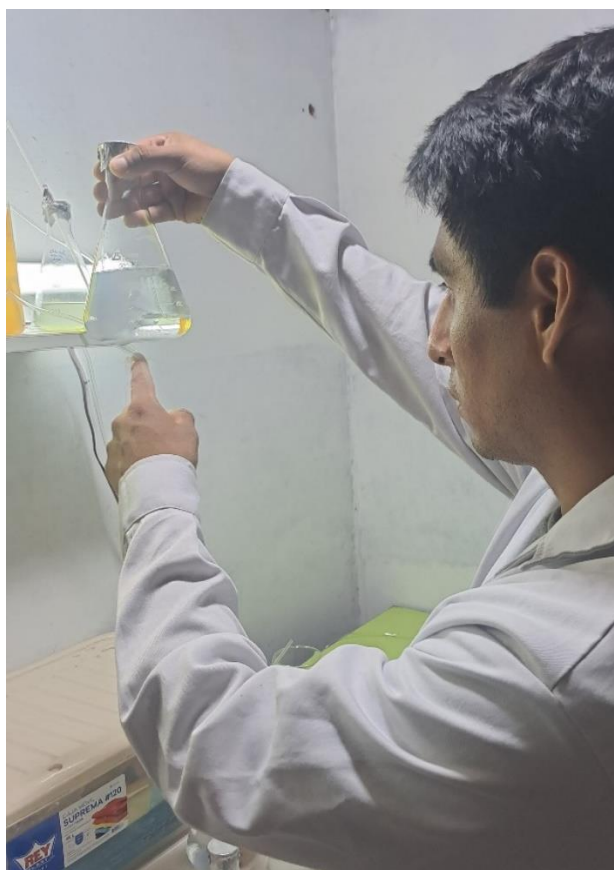


Figura 8

Revisión de cepa de Diacronema lutheri



3.6.4. Cultivo de copépodos

Los copépodos fueron colocados en vasos de precipitado de 500 mL y cultivados bajo condiciones controladas de temperatura (25 °C), salinidad (35 UPS), intensidad lumínica (1500 lux) y fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Se les suministró aireación continua y fueron alimentados con las microalgas *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri*.

Asimismo, se consideraron 40 copépodos por cada vaso (figura 9).

Figura 9

Revisión de siembra de copépodos

**Figura 10**

Nauplio de Apocyclops sp. cultivado

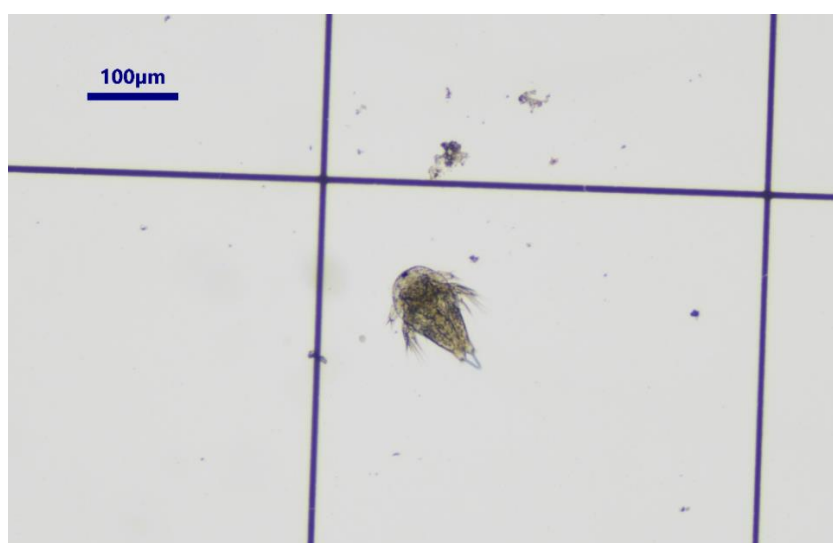


Figura 11

Copépodo de Apocyclops sp.

**Figura 12**

Copépodo hembra de Apocyclops sp.



3.6.5. Muestreo de copépodos

La densidad se contabilizó durante los 3 primeros días mediante el conteo por observación directa en un vaso de 50 mL (figura 9), debido a que la baja densidad inicial impedía la toma representativa de una alícuota. En los días posteriores hasta alcanzar el día 10, se efectuó el conteo de organismos zoo planctónicos utilizando una cámara Sedgewick-Rafter,

con el propósito de determinar la densidad poblacional y monitorear la posible aparición de especies no contempladas en el experimento.

La densidad poblacional de Organismos de vida libre (enfocado en copépodos) se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Densidad\ copépodos(N^{\circ}/L) = \frac{C \times At}{L \times W \times S \times V}$$

Donde:

Densidad copépodos = Cantidad de copépodos en un litro.

C = Número de organismo contados.

At = Área total de la cámara de conteo Sedgewick-Rafter (mm²).

L = Longitud de una franja de la cámara (mm).

W = Altura de una franja de la cámara (mm).

S = Número de franjas contadas.

V = Volumen total de la muestra (L).

(American Public Health Association [APHA], 2005).

Figura 13

Cámara de Sedgewick-Rafter utilizada para conteo de zooplancton de 1 mL



3.7. Análisis de datos

Para el análisis de los resultados, se utilizó el programa Excel versión 2016 para el registro y organización de los datos experimentales, mientras que los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software R Studio.

Para evaluar la normalidad de los datos en cada tratamiento y día de muestreo, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, dada su sensibilidad y recomendación para muestras pequeñas ($n < 50$). La prueba de Levene se empleó para comprobar la homogeneidad de las varianzas entre los tratamientos.

Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, para determinar diferencias significativas entre las dietas mono algales se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

IV.RESULTADOS

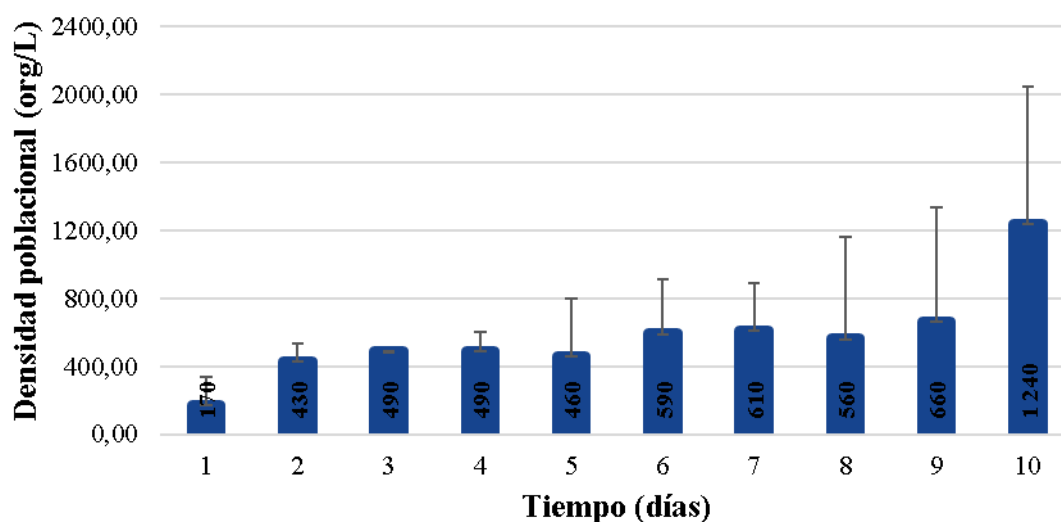
Los resultados obtenidos se presentan en términos del número de organismos por litro, mostrando un comportamiento variado a lo largo del tiempo.

4.1. Dieta monoalgal a base de *Chloroidium saccharophilum*

Se analizó el impacto de la microalga *Chloroidium saccharophilum* en el crecimiento de los organismos durante un periodo de diez días. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en dicha evaluación

Figura 14

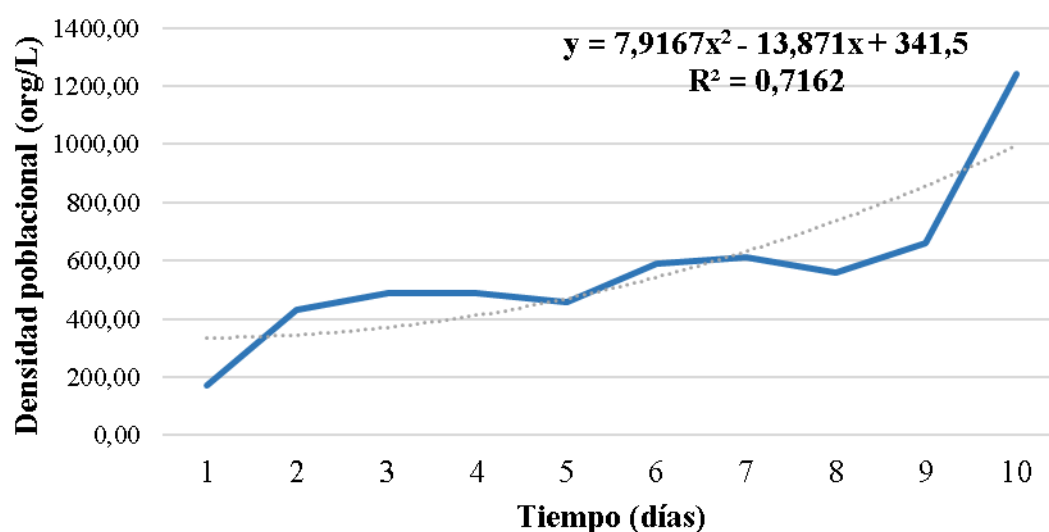
Densidad de copépodos en el tratamiento 1



Se registró una mayor densidad de copépodos (organismos/L) al alimentar con la microalga *Chloroidium saccharophilum* con una concentración celular de $2,5 \times 10^6$ células/ml (Tratamiento 1), especialmente en los días 7, 9 y 10, donde se obtuvieron valores de 610 ± 280 , 660 ± 249 y 1240 ± 566 organismos/L, respectivamente. En particular, el día 10 se destacó por alcanzar la máxima densidad observada.

Figura 15

Curva de crecimiento del tratamiento 1

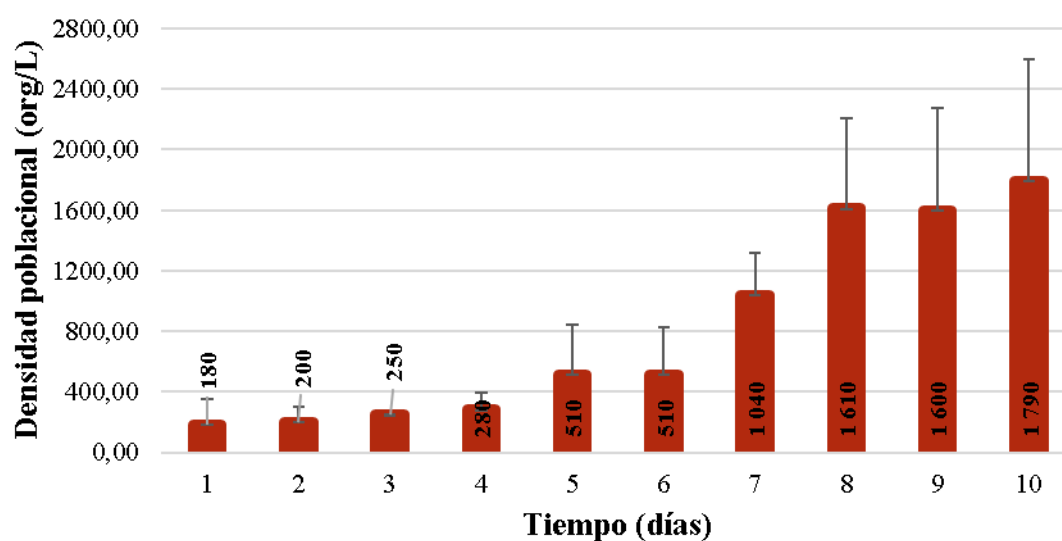


En la Figura 15 se muestra la curva de crecimiento poblacional de *Apocyclops* sp. correspondiente al Tratamiento 1, evaluada durante un período de 10 días. La tendencia de los datos fue ajustada mediante una regresión polinomial de segundo grado, obteniéndose la siguiente ecuación: $y = 7.9167x^2 - 13.871x + 341.5$ con un coeficiente de determinación $R^2=0.7162$, lo que indica un ajuste satisfactorio del modelo a los datos experimentales.

Esta ecuación indica que la densidad poblacional (organismos/L) experimentó una fase de leve disminución o estabilización durante los primeros días del cultivo (entre los días 2 y 5), seguida de un incremento sostenido a partir del día 6, alcanzando su valor máximo al día

Figura 16

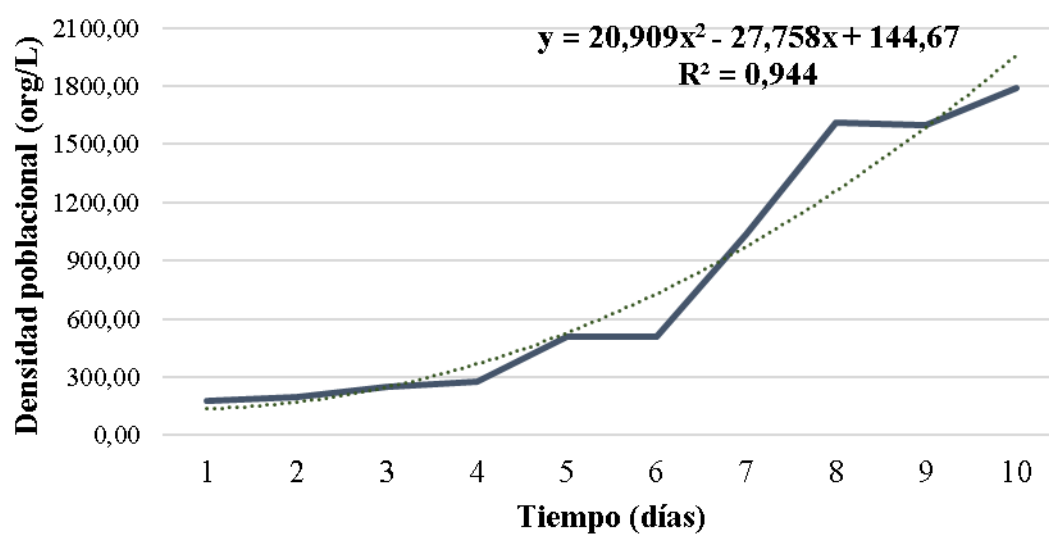
Densidad de copépodos en el tratamiento 2



Se registró una mayor densidad de copépodos (organismos/ml) al alimentar con la microalga *Chloroidium saccharophilum* con una concentración celular de 5×10^6 células/ml (tratamiento 2), especialmente entre los días 8, 9 y 10, donde se obtuvieron valores de 1610 ± 600 , 1600 ± 673 y 1790 ± 809 organismos/L, respectivamente. En particular, el día 10 se destacó por alcanzar la máxima densidad observada.

Figura 17

Curva de crecimiento del tratamiento 2

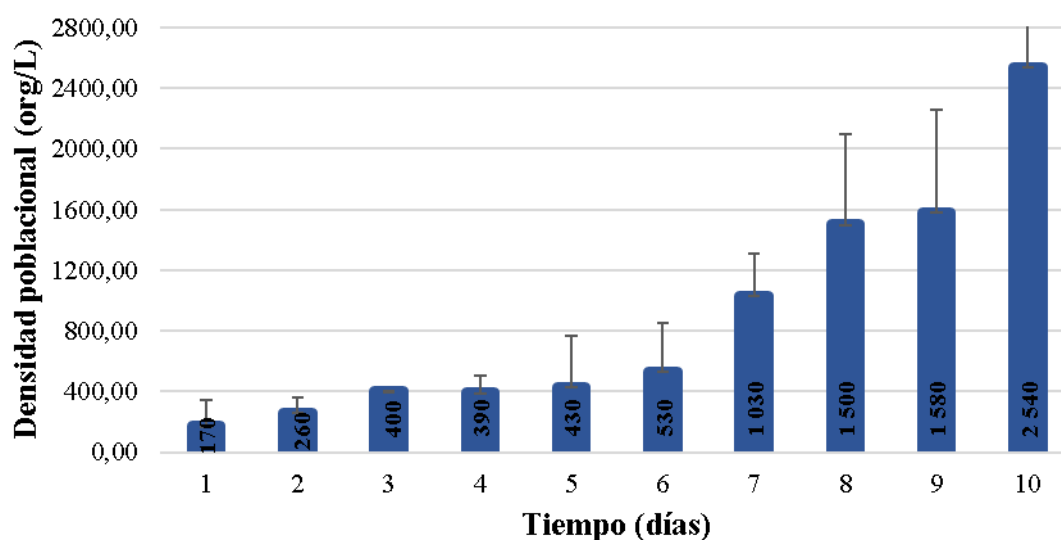


La Figura 17 muestra la evolución de la densidad poblacional de *Apocyclops* sp. en el Tratamiento 2 a lo largo de un periodo de 10 días. Se ajustó una regresión polinomial de segundo grado a los datos obtenidos, generando la siguiente ecuación: $y = 20,909x^2 - 27,758x + 144,67$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,944$.

El modelo muestra un crecimiento progresivo en la densidad poblacional, evidenciando un patrón característico de fase exponencial a partir del día 5. Durante los primeros días (1 al 4), el crecimiento fue moderado, posiblemente reflejando la fase de aclimatación de los organismos. Posteriormente, se observó un incremento acelerado en la densidad, alcanzando un máximo de aproximadamente 1790 org/L al día 10.

Figura 18

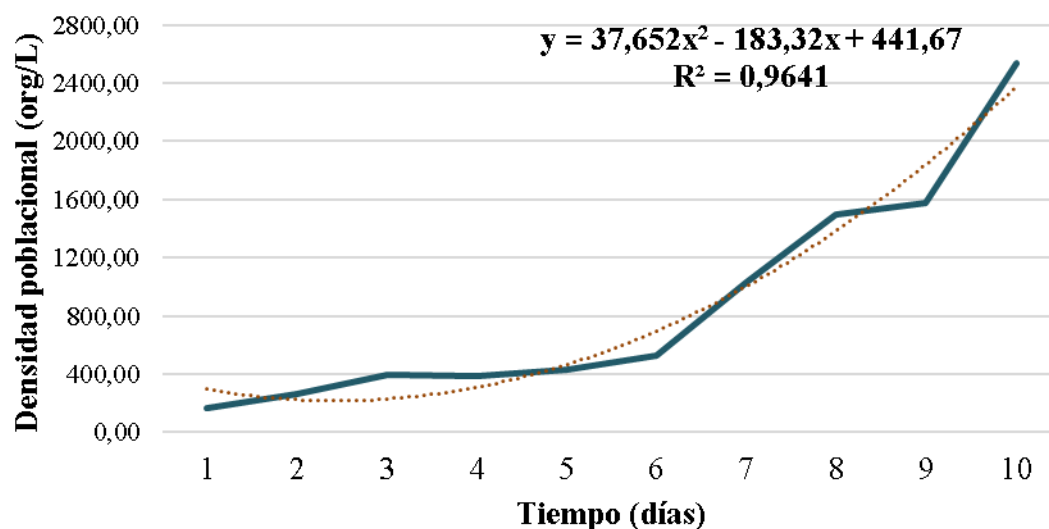
Densidad de copépodos en el tratamiento 3



Se registró una mayor densidad de copépodos (organismos/L) al alimentar con la microalga *Chloroidium saccharophilum* a una concentración de 10×10^6 células/ml (tratamiento 3), especialmente en los días 8, 9 y 10, donde se obtuvieron valores de 1500 ± 456 , 1580 ± 656 y 2540 ± 999 organismos/L, respectivamente. En particular, el día 10 se destacó por alcanzar la máxima densidad observada.

Figura 19

Curva de crecimiento del tratamiento 3



La dinámica poblacional de *Apocyclops* sp. en el Tratamiento 3 fue modelada mediante una regresión polinomial de segundo grado, obteniendo la siguiente ecuación: $y = 37,652x^2 - 183,32x + 441,67$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,9641$.

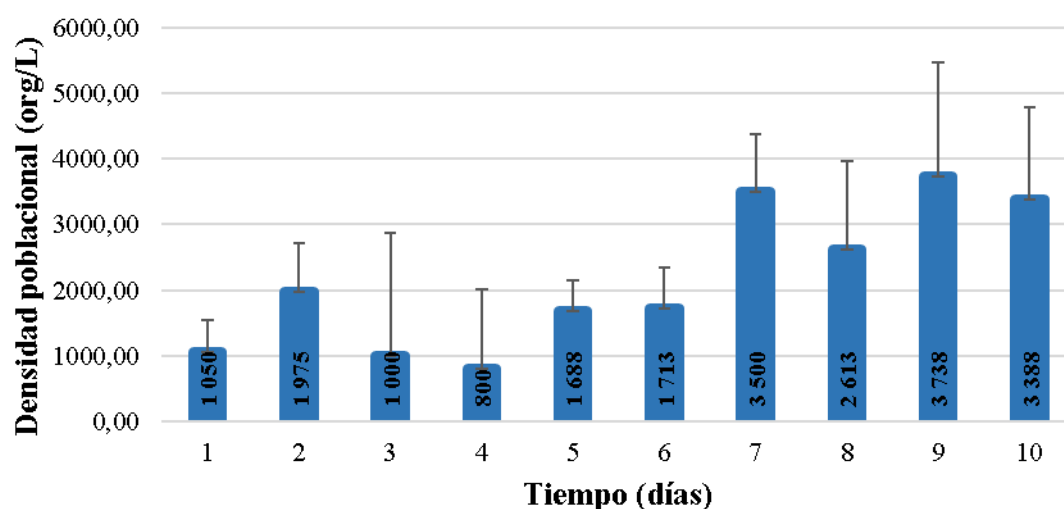
Esta ecuación describe una curva de crecimiento con una aceleración marcada a lo largo del tiempo, especialmente en los días finales del ensayo, aunque presenta una fase inicial de lento crecimiento hasta el día 4.

4.2. Dieta monoalgal a base de *Diacronema lutheri*

Se evaluó el efecto de la microalga *Diacronema lutheri* sobre el crecimiento de organismos a lo largo de diez días, a continuación, se presentarán los resultados obtenidos.

Figura 20

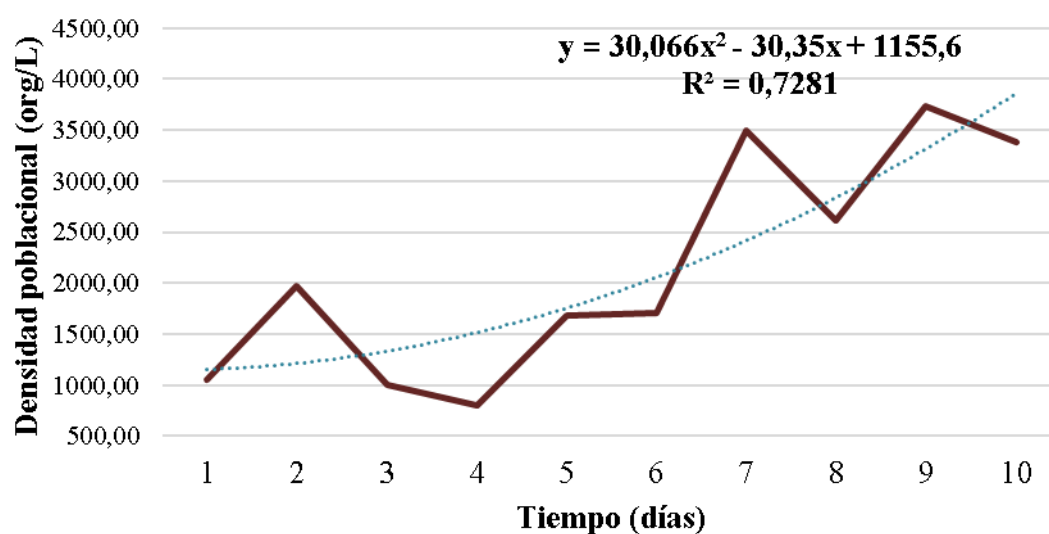
Densidad de copépodos en el tratamiento 4



Se registró una mayor densidad de copépodos (organismos/L) al alimentar con la microalga *Diacronema lutheri* con una concentración celular de $2,5 \times 10^6$ células/ml (tratamiento 4), especialmente en los días 7, 9 y 10, donde se obtuvieron valores de 3500 ± 1395 , 3738 ± 1767 y 3388 ± 2061 organismos/L, respectivamente. En particular, el día 9 se destacó por alcanzar la máxima densidad observada.

Figura 21

Curva de crecimiento del tratamiento 4

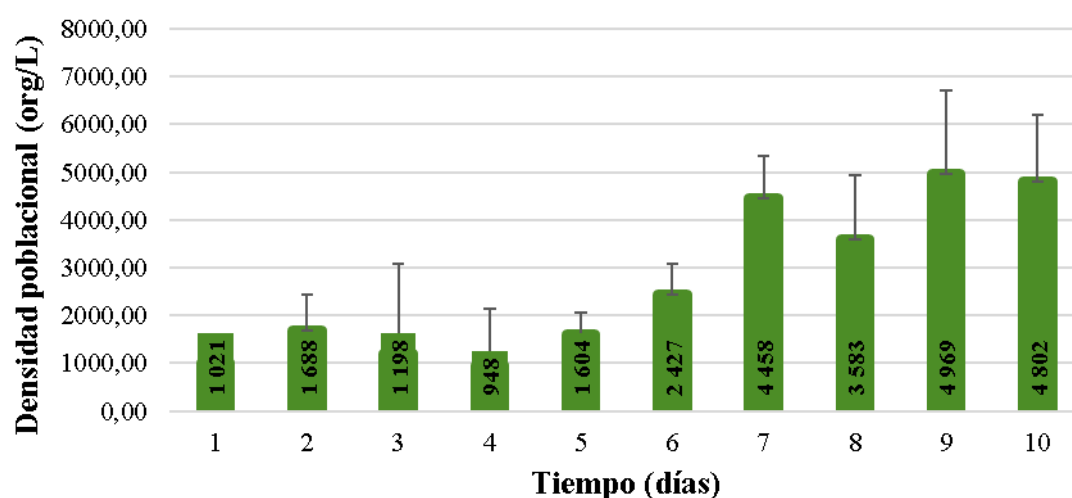


La curva de crecimiento poblacional correspondiente al Tratamiento 4 se ajustó mediante la ecuación: $y = 30.066x^2 - 30.35x + 1155.6$ con un coeficiente de determinación $R^2=0.7281$, lo que indica que el modelo cuadrático explica el 72.81% de la variación en los datos.

La tendencia general de la curva muestra un comportamiento creciente, con un incremento notable a partir del día 6, alcanzando su punto máximo en el día 9 con una densidad poblacional de 3737.5 organismos por litro. Este crecimiento acelerado sugiere una fase exponencial bien definida, precedida por una ligera disminución durante los primeros días del cultivo.

Figura 22

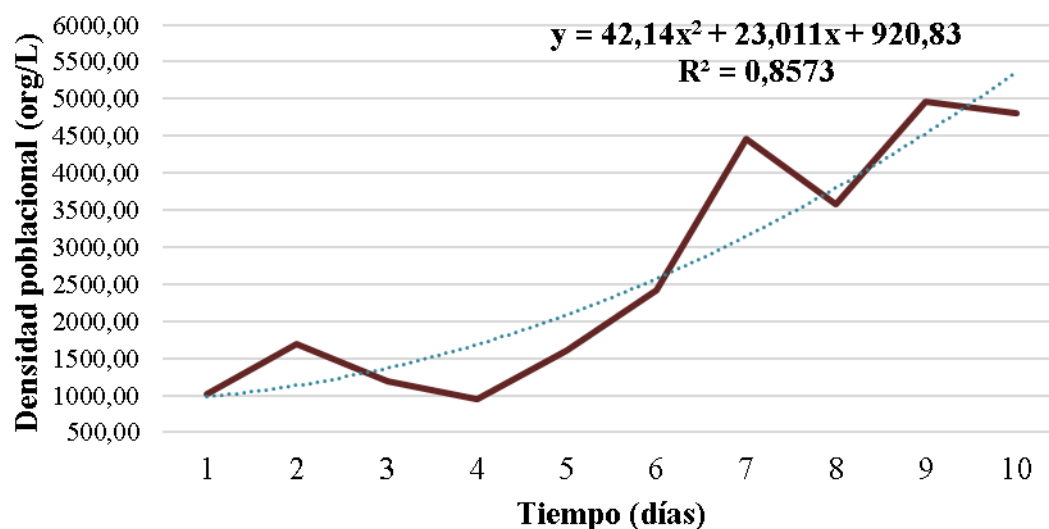
Densidad de copépodos en el tratamiento 5



Se registró una mayor densidad de copépodos (organismos/L) al alimentar con la microalga *Diacronema lutheri* a una concentración de 5×10^6 células/ml (tratamiento 5), especialmente en los días 7, 9 y 10, donde se obtuvieron valores de 4458 ± 1369 , 4969 ± 1887 y 4802 ± 2300 organismos/L, respectivamente. En particular, el día 9 se destacó por alcanzar la máxima densidad observada.

Figura 23

Curva de crecimiento del tratamiento 5



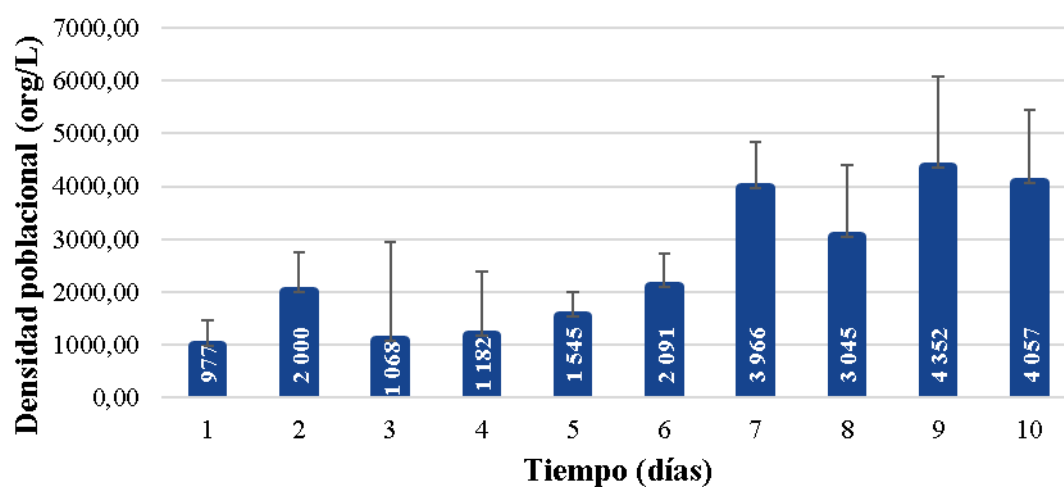
La dinámica poblacional de *Apocyclops* sp. en el Tratamiento 5 fue modelada mediante una regresión polinomial de segundo grado, obteniendo la siguiente ecuación: $y = 42,14x^2 + 23,011x + 920,83$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,8573$.

Esta ecuación describe una curva de crecimiento exponencial acentuada, en la que se observa un incremento constante y progresivo en la densidad poblacional a lo largo del tiempo.

A diferencia de otros tratamientos, el crecimiento se acelera desde etapas tempranas y se mantiene sostenido hasta el final del ensayo, alcanzando su valor máximo en el día 9 con 4969 org/L, y manteniéndose alto el día 10 con 4802 org/L.

Figura 24

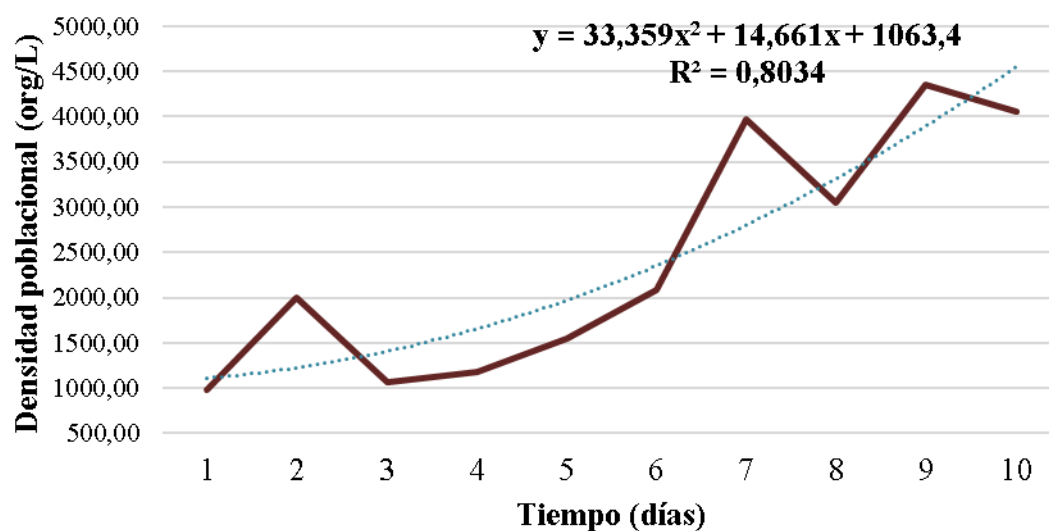
Densidad de copépodos en el tratamiento 6



Se registró una mayor densidad de copépodos (organismos/L) al alimentar con la microalga *Diacronema lutheri* con una concentración celular de 10×10^6 células/ml (tratamiento 6), especialmente entre los días 7, 9 y 10, donde se obtuvieron valores de 3966 ± 1471 , 4352 ± 1933 y 4057 ± 2291 organismos/L, respectivamente. En particular, el día 9 se destacó por alcanzar la máxima densidad observada.

Figura 25

Curva de crecimiento del tratamiento 6



La dinámica poblacional de *Apocyclops* sp. en el Tratamiento 6 fue representada mediante una regresión polinomial de segundo grado, cuya ecuación es $y = 33,359x^2 + 14,661x + 1063,4$, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,8034$.

Esta ecuación describe una tendencia general de crecimiento positivo a lo largo del tiempo, aunque con fluctuaciones intermedias. Se observa un aumento inicial en la densidad poblacional hasta el día 2, seguido de una leve disminución y estabilización entre los días 3 y 5. A partir del día 6, se presenta una aceleración marcada en el crecimiento, alcanzando un pico el día 9, con una leve disminución hacia el día 10.

4.3. Análisis de datos

Los resultados del análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk mostraron que la mayoría de los grupos de datos no seguían una tendencia normal, ya que los valores de significancia fueron inferiores al umbral de 0.05 en la mayoría de los casos.

En particular, tratamientos como T1 Día 1 ($p = 0.000$), T3 Día 4 ($p = 0.000$) y T5 Día 6 ($p = 0.006$), entre otros, evidenciaron desviaciones significativas respecto a la normalidad. Solo algunos tratamientos, como T2 Día 3 ($p = 0.151$) y T6 Día 4 ($p = 0.927$), mostraron un comportamiento más cercano a una distribución normal ($p > 0.05$). Estos resultados indicaron que no se puede asumir normalidad en la mayoría de los datos, por lo que fue necesario utilizar pruebas estadísticas no paramétricas para los análisis comparativos posteriores.

La prueba de Levene, aplicada para evaluar la homogeneidad de varianzas entre los diferentes tratamientos, arrojó valores de significancia menores a 0.001 ($p < 0.05$) en todos los días evaluados, indicando que las varianzas no eran homogéneas. En consecuencia, se descartó el uso de pruebas paramétricas y se optó por métodos no paramétricos adecuados para este tipo de datos.

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las dietas analizadas en cada uno de los días de muestreo.

En los días 1, 2, 5, 6, 7 y 9 se observaron diferencias significativas entre los tratamientos 1, 2 y 3 (correspondientes a dietas con 2.5×10^6 , 5×10^6 y 10×10^6 células/mL de *Chloroidium saccharophilum*, respectivamente) y los tratamientos 4, 5 y 6 (dietas con las mismas concentraciones celulares de *Diacronema lutheri*). No obstante, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos dentro de una misma dieta.

En el día 3, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos: los tratamientos 2 y 3 mostraron diferencias estadísticamente significativas frente a los tratamientos 4, 5 y 6. Asimismo, el tratamiento 1 presentó diferencias significativas respecto a los tratamientos 4 y 5.

Durante el día 4, las diferencias significativas se observaron entre el tratamiento 2 y los tratamientos 4, 5 y 6, así como entre el tratamiento 3 y los tratamientos 5 y 6.

En el día 8, el tratamiento 1 mostró diferencias significativas en comparación con todos los demás tratamientos (2, 3, 4, 5 y 6). Además, los tratamientos 2 y 3 evidenciaron diferencias significativas frente a los tratamientos 5 y 6.

Finalmente, en el día 10, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, destacando que el tratamiento 1 difirió estadísticamente de los tratamientos 3, 4, 5 y 6. El tratamiento 3 mostró diferencias respecto al tratamiento 5, y el tratamiento 2 presentó diferencias con los tratamientos 5 y 6.

V.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio, se presentaron las densidades poblacionales más elevadas en los tratamientos 3 y 6, correspondientes a copépodos alimentados con una concentración de 10×10^6 células/mL de *Chloroidium saccharophilum* y *Diacronema lutheri*, respectivamente. Aunque se registraron mayores incrementos en las densidades de los copépodos alimentados con *D. lutheri* en sus 3 dietas brindadas a los copépodos en el día 9, en comparación con los alimentados con *C. saccharophilum*, cuyos mayores valores se alcanzaron en el día 10.

Según Wang et al. (2016), diversas especies de microalgas influyen significativamente en la supervivencia, desarrollo y fecundidad de *Apocyclops borneoensis*, destacando *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros muelleri* como dietas óptimas. Estos resultados enfatizan la importancia de elegir microalgas con perfiles nutricionales adecuados, ricos en ácidos grasos esenciales, para mejorar la eficiencia reproductiva de los copépodos. En el presente estudio, es probable que dietas basadas en *C. saccharophilum* y *D. lutheri* no generen efectos similares, debido a su perfil nutricional rico en ácidos grasos poliinsaturados, EPA y DHA (Mayer et al., 2022), los cuales son cruciales para la producción de copépodos del género *Apocyclops* (Amparyup et al., 2022).

Los resultados obtenidos al utilizar la microalga *Chloroidium saccharophilum* (anteriormente conocida como *Chlorella marina*) mostraron que el tratamiento 3 logró la mayor densidad de copépodos, presentando diferencias estadísticamente significativas respecto a los otros tratamientos. Según Hernández (2023), esta microalga destaca por su elevado contenido de ácidos grasos altamente insaturados (HUFA), aunque las proporciones de EPA y DHA pueden variar. En este sentido, el autor recomendó el uso de *Isochrysis galbana* y cultivos mixtos de *Chaetoceros affinis*, *Chlorella marina*, *I. galbana* y *Nannochloropsis oculata* para optimizar el crecimiento de *Acartia erythraea* y *Oithona brevicornis*. Cabe precisar que *C.*

saccharophilum presenta un alto contenido de glicina, alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, treonina e histidina (Vijayaraj et al., 2022).

Por otro lado, la diferencia en las densidades obtenidas en este estudio entre ambas microalgas podría atribuirse a la necesidad de los copépodos de mayores concentraciones de alimento y al tiempo de exposición. Según lo señalado por Vijayaraj et al. (2022), *Apocyclops royi* alimentado con una dieta basada en *Chloroidium saccharophilum* alcanzó una densidad máxima de $12,700 \pm 454$ individuos/L al día 21, incluyendo nauplios, copepoditos y adultos. Asimismo, tanto la tasa de ingestión como la producción de huevos en copépodos están estrechamente relacionadas con la concentración de microalgas suministradas, lo que indica que la disponibilidad de alimento es un factor fundamental para controlar la productividad en el cultivo de estos organismos (Vijayaraj et al., 2022; Jesuvadiyal y Martin, 2023).

En contraste, en este estudio se registraron densidades inferiores a las reportadas por Huanacuni et al. (2021), quienes analizaron el efecto de dietas basadas en *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros calcitrans* sobre *Oithona nana*. Según sus resultados, las dietas que incluían *I. galbana* favorecieron un desarrollo más rápido de los nauplios, alcanzando una densidad de 6360 ± 998 organismos/L a los 16 días, en comparación con los 6273 ± 919 organismos/L obtenidos con *C. calcitrans*. La diferencia en las densidades observadas y el tamaño celular entre ambos estudios puede atribuirse a la densidad inicial y al grado de madurez sexual de los copépodos, como lo señala el mismo autor.

En el presente estudio, se obtuvieron mejores resultados con dietas basadas en *Diacronema lutheri* en comparación con *C. saccharophilum*, lo que concuerda con los resultados de Figueroa (2024), quien reportó una densidad de 4299 organismos/L con *D. lutheri*, frente a 2373 organismos/L con *Saccharomyces cerevisiae*. Así mismo, se atribuye esta diferencia en la densidad a la casi nula presencia de ácidos grasos en la levadura.

En relación a lo anterior, se obtuvieron valores superiores a los reportados por Jeyaraj y Santhanam (2013) para *Paracalanus parvus* alimentado con *Isochrysis galbana* durante 12 días, alcanzando una densidad de $1374 \pm 76,33$ organismos/L. En comparación, *Chloroidium saccharophilum* (anterior *Chlorella marina*) presentó una mayor supervivencia, aunque su densidad fue menor, con $1013 \pm 65,35$ organismos/L. Además, puede atribuirse tanto a la densidad de los copépodos como a la relación entre los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), ya que estos influyen en la producción de huevos (Stottrup y Jensen, 1990; Jeyaraj y Santhanam, 2013).

Por otro lado, los resultados obtenidos en el presente estudio superan a los reportados por Cruz-Rosado et al. (2020) en *Apocyclops panamensis* alimentados con *Tetraselmis chuii*. En dicha investigación, se partió de una siembra inicial de 1 organismo/mL en un volumen de 400 mL y, tras 14 días a 32 °C y 28 UPS, se alcanzó una densidad de $1380,95 \pm 1267,06$ organismos/L. La diferencia observada podría atribuirse a que, según Cruz-Rosado (2020), las temperaturas más elevadas aceleran el ciclo de vida y, en consecuencia, la reproducción de los copépodos. Sin embargo, aunque algunos copépodos pueden aclimatarse a estas variaciones térmicas, es posible que su potencial reproductivo se vea afectado negativamente.

VI.CONCLUSIONES

- La microalga *Diacronema lutheri* alcanza mejores densidades cuando se alimenta diariamente con concentraciones de 5×10^6 células/ml y 10×10^6 células/ml.
- Aunque se puede obtener una densidad de 2540 ± 1000 organismos/L al alimentar con *Chloroidium saccharophilum* a una concentración celular de 10×10^6 células/ml, esta opción no es tan efectiva en comparación con el uso de *Diacronema lutheri*.
- Se ha observado que *Diacronema lutheri* obtiene mejores densidades a los 9 días, aunque en los días 7, 8 y 10 también se pueden obtener valores superiores a los obtenidos con dietas de *Chloroidium saccharophilum*.

VII.RECOMENDACIONES

- La composición nutricional de ambas microalgas utilizadas podría contribuir a una mejora en el rendimiento del cultivo de *Apocyclops* sp., lo que sugiere que su uso combinado o en proporciones específicas merece ser explorado en estudios futuros.
- Para estudios a futuro, se pueden realizar estudios comparativos entre el uso de microalgas en presentación líquida y en forma de pasta, particularmente con *Diacronema lutheri* y *Chloroidium saccharophilum*, con el fin de evaluar el impacto de cada forma de suministro sobre la disponibilidad nutricional y la eficiencia en el crecimiento de *Apocyclops* sp.
- Se sugiere evaluar la aplicación de *Diacronema lutheri* y *Chloroidium saccharophilum* en la alimentación de *Apocyclops* sp., con el objetivo de analizar su efecto en la calidad nutricional y desempeño reproductivo del copépodo bajo condiciones controladas.

VIII.REFERENCIAS

- Abalde, J., Hidalgo, P. y Torres, E. (1995) *Microalgas: Cultivo y Aplicaciones*. Universidad de Coruña.
- Algaebase (20 de noviembre de 2024) *Chloroidium saccharophilum* (W. Krüger) Darienko. *Algaebase*. https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=137207
- Anzueto-Sánchez, M., Barón-Sevilla, B., Cordero-Esquivel, B. y Celaya-Ortega, A. (2014). Effects of food concentration and temperature on development, growth, reproduction and survival of the copepod *Pseudodiaptomus euryhalinus*. *Aquaculture International: Journal of the European Aquaculture Society*, 22 (6), 1911–1923. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9791-5>
- American Public Health Association [APHA] (2005) *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Water Works Association.
- Amparyup, P., Sungkaew, S., Charoensapsri, W., Tapaneeyaworawong, P., Chumtong, P., Yocawibun, P., Pantong, P., Wongpanya, R., Imjongjirak, C. y Powtongsook, S. (2022). Molecular characterization of biosynthesis of polyunsaturated fatty acids during different developmental stages in the copepod *Apocyclops royi*. *Aquaculture Reports*, 23 (101064). <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101064>
- Atencio, H. (2018) *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco- 2018*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Alcides Carrión.
- Asturnatura (26 de junio de 2024) Copepoda. *Asturnatura*. <https://www.asturnatura.com/clase/copepoda>

- Baca, E. y Valdez, R. (2023) *Evaluación de la calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano, Viques 2022*. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana Los Andes.
- Barroso, M., Boos, B., Antoniass, R. y Fernandes, L. (2015). Use of the copepod *Oithona hebes* as a bioencapsulator of essential fatty acids. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63(3), 331–336.
- Bengtson, D. (2003). Status of marine aquaculture in relation to live prey: past, present and future. En G. Stottrup y L. McEvoy (Ed.), *Live feeds in marine aquaculture*. (pp. 1-16). Blackwell publishing.
- Björnberg, T. (1981) Copepoda. En Boltovskoy (Ed.), *Atlas del Zooplankton del Atlantico Sudoccidental*. (pp. 579-587). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero.
- Bonilla, M. (2003) Distribución de Copépodos en una estación Fija en el Estuario interior del Golfo de Guayaquil: 2000 – 2002. *Revista Tecnológica*, 16(1), 84-89.
- Burbano, F. (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*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Nariño.
- Cambeftort, S. (2010) *Efecto de las microalgas Chaetoceros gracilis, Tetraselmis sp. e Isochrysis galbana sobre la reproducción y desarrollo naupliar en copépodos calanoideos marinos tropicales, Acartia spp.* [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Camus, T. y Zeng, C. (2011). Reproductive performance, survival and development of nauplii and copepodites, sex ratio and adult life expectancy of the harpacticoid copepod,

- Euterpina acutifrons*, fed different microalgal diets. *Aquaculture Research*, 43(8), 1159–1169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02919.x>
- Castro-Mejía, J., Castro-Mejía, G., Castañeda-Trinidad, H., Ocampo-Cervantes, J. A., Monroy-Dosta, M., Ramírez-Torrez, D. y Orozco-Rojas, J. (2014). Comparación de la densidad poblacional de copépodos del Orden Cyclopoida Burmeister, 1834 alimentados con microalgas más levadura activa seca, en recipientes de 200 L. *Revista E-BIOS* 1(5), 26-33.
- Cavalin, F. y Weirich C. (2009). Larval performance of aquacultured Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) fed rotifers (*Brachionus plicatilis*) enriched with selected commercial diets. *Aquaculture*, 292, pp. 67-73.
- Cazares, B. (2014). *Efecto de dietas mixtas de microalgas marinas en el cultivo y composición de ácidos grasos esenciales del copépodo Pseudodiaptomus euryhalinus*. [Tesis de maestría]. CICESE.
- Cordero, B. y Barón, B. (2014). *Efecto de la dieta y la temperatura en los parámetros poblacionales y en el valor nutricional del copépodo Pseudodiaptomus euryhalinus cultivado en laboratorio*. [Tesis de doctorado]. CICESE.
- Creswell, L. (2010) Phytoplankton Culture for Aquaculture Feed. *Southern Regional Aquaculture Center*, 5004, 1-16.
- Cruz-Rosado, L., Contreras-Sánchez, W., Hernández-Vidal, U., Perez-Urbiola, J., Contreras-García, M. (2020) Population growth of a generational cohort of the cope-pod *Apocyclops panamensis* (Marsh,1913) under different temperatures and salinities. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 7(2), 1-14.
- Darienko, T., Gustavs, L., Mudimu, O., Menendez, C. R., Schumann, R., Karsten, U., Friedl, T. y Pröschold, T. (2010). *Chloroidium*, a common terrestrial coccoid green alga

- previously assigned to *Chlorella* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*, 45(1), 79–95. <https://doi.org/10.1080/09670260903362820>
- Duerr, E. y Molnar y Sato, V. (1998) Culture microalgae as aquaculture feeds. *Journal Marine Biotechnology*, 7, 65-70.
- Egorova, I., Kulakova, N. y Bedoshvili, Y. (2022). *Chloroidium saccharophilum* (Chlorophyta) from the Lake Baikal shore (Republic of Buryatia, Russia). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 56(2), 255–272. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2022.56.2.255>
- Falkowski, P. y Raven, J. (2007). *Aquatic photosynthesis*. Princeton University Press.
- Fernández-Linares, L.; Montiel-Montoya; J., Millán-Oropeza, A. y Badillo-Corona, J. (2012) Producción de biocombustibles a partir de microalgas. *Universidad Autónoma Indígena de México*, 8(3), 101-115.
- Figuerola, E. (2024) Efecto en los cultivos del copépodo *Apocyclops aff. spartinus* alimentados con la microalga *Diacronema lutheri*, y los hongos *Schizochytrium sp.* Y *Saccharomyces cerevisiae*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Flores, R. (2008) Variación en el contenido de ácidos grasos del copépodo *calanoide Pseudodiaptomus euryhalinus* (Johnson, 1939) alimentado con las microalgas *Chaetoceros calcitrans* e *Isochrysis galbana*. [Tesis de maestría]. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste
- Franco, C., Augustin, B., Geffen, J. y Dinis, T. (2017). Growth, egg production and hatching success of *Acartia tonsa* cultured at high densities. *Aquaculture*, 468, 569- 578.
- Gasca, R. y Suárez, M. (1996) *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

- García, X., Barkokebas, B., Campelo, R., Koenig, M., Schwamborn, R. y Neumann-Leitão, S. (2012). An evaluation of different microalgal diets for the culture of the calanoid copepod *Temora turbinata* (Dana, 1849) in the laboratory. *Tropical Oceanography*, 40, 133–142.
- Giménez, C. y Munita, G. (2002). Efecto de la dieta sobre la fecundidad de copépodos harpacticoides *Tisbe* sp. en condiciones de laboratorio. [Tesis de pregrado]. Universidad Andrés Bello.
- Gontcharov, A., Nikulin, A., Nikulin, V., Bagmet, V., Allaguvatova, R. y Abdullin, S. (2021). New species of *Chloroidium* (Trebouxioephyceae, Chlorophyta) from east Asia. *Plants*, 10(12), 2560. <https://doi.org/10.3390/plants10122560>
- Heath, P. y Moore, C. (1997) Rearing dover sole larvae on *Tisbe* and *Artemia* diets. *Aquaculture International*, 5, 29-39.
- Helm, M., Boume, N. y Lovatelli, A. (2004) *Hatchery Culture of Bivalves: A Practical Manual*. FAO Fisheries Technical Paper.
- Hernández-Pérez, A. y Labbé, J. (2014) Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2): 157–173.
- Hernández, C. (2023). *Viabilidad de huevos Acartia tonsa (Copepoda: calanoidea) de la bahía cispata – caribe colombiano* [Tesis de pregrado]. Universidad de córdoba.
- Huanacuni, J. y Espinoza, L. (2018) Producción de alimento vivo para investigación en acuicultura de peces marinos en la UNJBG, TACNA. *Ciencia y Desarrollo*. 22(1), 82-86.
- Huanacuni, J., Pepe-Victoriano, R., Lora-Vilchis, M., Merino, G., Torres-Taípe, F. y Espinoza-Ramos, L. (2021). Influence of microalgae diets on the biological and growth parameters of *Oithona nana* (Copepoda: Cyclopoida). *Animals*, 11(12), 3544.

- Hulsemann K. (1996) Copepoda. En: Gasca, R. y Suárez, E. (ed.). *Introducción al estudio del zooplancton marino* (pp. 250- 294). El Colegio de la Frontera Sur.
- Jaume, D., Conradi, M. y López-González, P., (2001) Copépodos. En Jaume (Ed.) *Curso práctico de entomología* (pp. 303-331). Universitat Autònoma de Barcelona.
- Jellyfarmer (26 de junio de 2024) *Apocyclops* sp. Jellyfarmer: <https://jellyfarmer.com/producto/apocyclops-sp-copepodo/>
- Jesuvadiyal, S. y Martin, P. (2023). Effects of Vermiwash as Nutrient Supplement for Mass Production of Marine Microalga, *Chloroidium saccharophilum* for High Density Production of Marine Copepod, *Dioithona rigida* (Cyclopoida, Copepoda). *International Journal of Zoological Investigations*, 9(1), 139–147. <https://doi.org/10.33745/ijzi.2023.v09i01.015>
- Jeyaraj N, Santhanam P (2012). Influence of algal diet on population density, egg production and hatching succession of the calanoid copepod *Paracalanus parvus* (Claus, 1863). *Journal of Algal Biomass Utilization*, 4(1), 1-8.
- Lavens, P. y Sorgeloos, P. (1996) *Manual on the production and use of live food for Aquaculture*. FAO.
- Lira, G. (2002) *Influência da dieta na reprodução e crescimento do copépode, Apocyclops procerus, e seu potencial como alimento na larvicultura do robalo-peva, Centropomus parallelus*. [Tesis de maestría]. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Margalef, R. (1983) *Limnologia*. Ediciones Omega.
- Martinez, L., Campana, A., Martinez, M., Lopez, J. y Garcia, C. (2012). Effect of alternative mediums on production and proximate composition of the microalgae *Chaetoceros muelleri* as food in culture of the copepod *Acartia* sp. *Latin American journal of aquatic research*, 40(1), 169–176. <https://doi.org/10.3856/vol40-issue1-fulltext-16>

- Matias-Peralta, H., Yusoff, F., Shariff, M. y Mohamed, S. (2012). Reproductive performance, growth and development time of a tropical harpacticoid copepod, *Nitocra affinis californica* Lang, 1965 fed with different microalgal diets. *Aquaculture*, 21, 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.02.026>
- Mayer, C., Côme, M., Ulmann, L., Martin, I., Zittelli, G., Faraloni, C., Ouguerram, K., Chénais, B. y Mimouni, V. (2022). The potential of the marine microalga *Diacronema lutheri* in the prevention of obesity and metabolic syndrome in high-fat-fed Wistar rats. *Molecules*, 27(13), 4246. <https://doi.org/10.3390/molecules27134246>
- McKinnon, A., Duggan, S., Nichols, P., Rimmer, M., Semmens, G. y Robino, B. (2003). The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture, *Aquaculture*, 223(1-4), 89-106.
- Medellín-Mora, J. y Navas, G. (2010) Listado taxonómico de *copépodos (Arthropoda: Crustacea) del mar caribe colombiano*. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2), 265-306.
- Meireles, L., Guedes, A. y Malcata, F. (2003). Lipid Class Composition of the Microalga *Pavlova lutheri*: Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2237–2241. <https://doi.org/10.1021/jf025952y>
- Ministerio de Salud [MINSA] (2011) *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Ministerio de Salud. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- Morillo, J. (2010). *Evaluación del efecto de dietas alimenticias microalgales, en cultivos de copépodos calanoideos de influencia en la Estación Acuícola Bahía Málaga Buenaventura Colombia* [Tesis de pregrado]. Universidad de Nariño.

- New, M. (1998). Global aquaculture: Current trends and challenges for the 21 st century. *Anans do Aquacultura Brasil*, 98(1),.2-6.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (1989). *La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura*. FAO. <https://www.fao.org/4/ab473s/AB473S00.htm#TOC>
- Palma, G. y Kaiser, K. (1993) *Plancton Marino de Aguas Chilenas*. Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Perez, I., Gómez, S. y Puello, A. (2006) Efecto de diferentes dietas de microalgas sobre la supervivencia y crecimiento de *Apocyclops aff. panamensis* (Marsh, 1913) (Copépodo: Cyclopoida) cultivado bajo condiciones controladas de laboratorio. *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria*, 7 (7), 1-10.
- Pinto, C., Souza-Santos, L. y Santos, P. (2001). Development and population dynamics of *Tisbe biminiensis* (Copepoda: Harpacticoida) reared on different diets. *Aquaculture*, 198(3–4), 253–267. [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(00\)00582-2](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(00)00582-2)
- Prieto-Guevara, M. (2016). Evaluación de dietas en el cultivo del copépodo Calanoide *Parvocalanus crassirostris*: producción de nauplios. *Revista Investigación Pecuaria*, 1. 101-102. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/2945>
- Raymont, J. (1980) *Plankton and productivity in the oceans: Zooplankton*. Pergamon Press.
- Reef and fish. (21 de junio de 2025) *Apocyclops panamensis Zooplankton vivant*. Reef and fish. <https://reef-and-fish.com/es/products/apocyclops-panamensis-zooplankton-vivant-300-ml>
- Reid, J. (1985). Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim de Zoologia*, 9(9), 17-143.

- Rosas, J., Cabrera, T. y Millán, J. (1998). Efecto de cuatro especies de microalgas en el crecimiento poblacional del copépodo *Oithona ovalis* Herbst, 1955 (Crustacea: Copepoda) en el laboratorio. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 33(2), 313–323.
- Ruiz, J., Jiménez, C., Gomes, C. y Prieto, M. (2012). Experimental culture of *Cyclopina* sp with different microalgae's species. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(1), 97–106.
- Santhosh, B., Muhammed, F., Unnikrishnan, C. y Anil, M. (2015). Potential species of copepods for marine finfish hatchery. En B. Santhosh, M. Anil, F. Muhammed, K. Aneesh, A. Mijo, G. Gopakumar, G. Rani, A. Gopalakrishnan y C. Unnikrishnan (Ed.), *Culture techniques of Marine Copepods*. Central Marine Fisheries Research Institute.
- Sipaúba-Tavares, L. (1993) Análise da seletividade alimentar em larvas de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tambacu (híbrido, pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum*) sobre os organismos Zooplantônicos. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 6, 114-132.
- Sipaúba-Tavares, L., Bachion, M. y de Souza-Braga, F. (2001) Effects of food quality on growth and biochemical composition of a calanoid copepod, *Argyrodiaptomus furcatus*, and its importance as a natural food source for larvae of two tropical fishes. *Hydrobiologia*, 453, 393-401.
- Sipaúba-Tavares, L. y Rocha, O. (2003) *Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos*. RiMa.
- Snell, T. y Carrillo, K. (1984) Body size variation among strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 73, 359-367.
- Sorgeloos, P., Dhert, P. y Candreva, P. (2001). Use of brine shrimp *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200, 147-159.

- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. y Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87–96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>
- Støttrup, J. y Jensen, J. (1990) Influence of algal diet on feeding and egg production of the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 141, 87-105.
- Støttrup, J. y Norsker, N. (1997) Production and use of copepods in fish larviculture. *Aquaculture*, 155, 231-247.
- Suárez, A. (2015) *Cultivo experimental de copépodos marinos bajo condiciones controladas, con miras a su potencial uso como alimento vivo en el sector acuícola del país, en punta Carnero-Salinas-Santa Elena, Ecuador* [Tesis de pregrado]. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Tamaru, C., Lee C. y Ako, H. (1991). Improving the larval rearing of stied mullet (*Mugil cephalus*) by manipulating quantity and quality of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Rotifer and microalgae system. *Proceedings of a U.S.-Asia Workshop*, 89-104.
- Tan, C. y Johns, M. (1991). Fatty acid production by heterotrophic *Chlorella saccharophila*. *Hydrobiologia*, 215(1), 13–19. <https://doi.org/10.1007/bf00005896>
- Torres, F. (2019) *Efecto de las microalgas Isochrysis galbana y Chaetoceros sp. en la producción de copépodos marinos nativos cultivados en condiciones de laboratorio en la región de Tacna* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Velásquez, A., Salazar, J., Rosas, J., Cabrera, T. y Millán, J. (2001). Alimentación con microalgas del copépodo *Apocyclops distans* Kiefer, 1956 (Copepoda, cyclopoida). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 35(3), 317-324.

- Vijayaraj, R., Jayaprakshvel, M. y Altaff, K. (2022) Efficacy of *Apocyclops Royi* (Cyclopoida, Copepoda) Nauplii As Live Prey for the First Feeding Larvae of Silver Pompano, *Trachinotus Blochii* (Lacepède, 1801). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 20(4), 29–34. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2022/v20i4502>
- Wang, G., Xu, J., Jia, Q., Zeng, C., Wu, L. y Wu, D. (2016). Effects of microalgae as diets on the survival, development and fecundity of a pelagic cyclopoid copepod *Apocyclops borneoensis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(6), 1251-1257.
- Wang, G., Xu, J., Zeng, C., Jia, Q., Wu, L. y Li, S. (2015). Pelagic microalgae as suitable diets for the benthic harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus*. *Hydrobiologia*, 762(1), 81–88. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2339-5>
- Wilburn, J. (1990) *Cultivo masivo de Pavlova lutheri* (Droop) Green con fertilizantes agrícolas como fuente de nitrógeno y bióxido de carbono [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Baja California. <https://doi.org/10.57840/uabc-1005>
- World Register of Marine Species [WoRMS]. (12 de noviembre de 2023). WoRMS taxon details. *Apocyclops* Lindberg, 1942. WoRMS. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=346765>
- World Register of Marine Species [WoRMS]. (22 de febrero de 2024). WoRMS taxon details. *Diacronema lutheri* (Droop) Bendif y Véron, 2011 WoRMS. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=590558>
- Zuppini, A., Gerotto, C. y Baldan, B. (2010). Programmed cell death and adaptation: two different types of abiotic stress response in a unicellular chlorophyte. *Plant & Cell Physiology*, 51(6), 884–895. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcq069>