



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Evaluación de una mezcla de microalgas Cianofitas y Diatomeas en el cultivo de Artemia franciscana (Kelloog, 1906).**

**BRAVO ROJAS ALEX DAVID  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Evaluación de una mezcla de microalgas Cianofitas y Diatomeas en el cultivo de Artemia franciscana (Kelloog, 1906).**

**BRAVO ROJAS ALEX DAVID  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Evaluación de una mezcla de microalgas Cianofitas y Diatomeas  
en el cultivo de Artemia franciscana (Kelloog, 1906).**

**BRAVO ROJAS ALEX DAVID  
INGENIERO ACUICOLA**

**ECHEVERRIA ESPINOZA EDISON MODESTO**

**MACHALA  
2023**

# TURNITIN (INTRODUCCIÓN HASTA RECOMENDACIONES).docx

*por David Bravo*

---

**Fecha de entrega:** 12-mar-2024 12:03a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2318362744

**Nombre del archivo:** TURNITIN\_INTRODUCCIÓN\_HASTA\_RECOMENDACIONES\_.docx (3.39M)

**Total de palabras:** 7001

**Total de caracteres:** 37865

# TURNITIN (INTRODUCCIÓN HASTA RECOMENDACIONES).docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	6%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	mail.polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 25 words

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BRAVO ROJAS ALEX DAVID, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de una mezcla de microalgas Cianofitas y Diatomeas en el cultivo de Artemia franciscana (Kelloog, 1906)., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

BRAVO ROJAS ALEX DAVID

0705450575

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, le doy gracias a Dios por nunca dejarme caer a pesar de las adversidades y obrar en mi vida para que todo se alinee a mi favor. A mis padres Lindon Vinicio Bravo Serrano y Mariana de Jesús Rojas Torres, por su comprensión, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Tengo el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

Expando mi agradecimiento al Ing. Acuac. Edison Modesto Echeverría Espinoza Mgs., por la predisposición que tuvo para guiarme a lo largo de mi trabajo como tutor principal. Agradezco muy profundamente a los docentes que me extendieron su mano para culminar mi trabajo: Econo. Víctor Garzón, Mgs., Ing. Acuac. Wilmer Moreira, Dr. Roberto Santacruz, Phd., Dr. Patricio Rentería Phd., Ing. Com. Eveligh Prado Phd y al Dr. Irán Rodríguez Phd.

También debo mencionar la importante colaboración de la Ing. Acuac. Lorena Cruz Rodríguez y a su esposo Blgo. Nelson Calva, por siempre estar dispuestos a entregarme el equipo que necesite para la resolución de mi proyecto. A la Ing. Acuac. Olga Carrión, por abrirme las puertas de su laboratorio cuando lo necesite. Además, a la Blga. María de Lourdes Neder por colaborarme con la entrega de las cepas de microalgas utilizadas en la investigación.

A aquella persona que siempre estuvo para mí en la elaboración de esta tesis, mi novia Vicky Elizabeth Delgado Unda. Eres alguien invaluable en mi vida, me diste la fuerza que necesite en todo este viaje, gracias por estar a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosas ayudándome hasta donde te era posible, incluso más que eso. A sus padres Víctor Delgado y Karen Unda, que me abrieron las puertas de su hogar y me ayudaron una infinidad, los llevo siempre en mi corazón.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis le dedico con todo mi amor y cariño a mis padres Lindon Vinicio Bravo Serrano y Mariana de Jesús Rojas Torres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio incansable en darme una profesión para mi futuro, gracias por creer en mi capacidad y espero con la bendición de Dios ser un buen ejemplo para mis hermanos Camilo y Luciana, por eso les doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor, los amo.

De igual manera, quiero dedicar esta investigación a mi tía Norma Sánchez Serrano, cuya dedicación y pasión por la innovación han sido una constante fuente de inspiración para mí. Su amor de madre y colaboración a lo largo de mi carrera fue combustible indispensable para culminar con éxito mi trabajo. A mi abuelo Juan Solano Marín por siempre haber sido un hombre trabajador y demostrar su bondad con su familia, de lo cual yo aprendí mucho. “En memoria de mi abuela Luciana Emperatriz Serrano Castillo (†), cuyo amor y sabiduría siguen guiándome incluso en su ausencia. Este logro es en honor a su memoria”, gracias siempre por celebrar mis logros como si fueran suyos y llenarme el corazón de orgullo, los amo.

## RESUMEN

La ingesta de alimento vivo como el fitoplancton y zooplancton proporciona muchos beneficios en los cultivos larvarios de peces y camarones. La percepción de encontrar la especie de microalga adecuada y una dosificación correcta para alimentar *Artemia franciscana* ha aumentado, su importancia económica destaca por su calidad nutricional, facilidad de ingestión y excelente capacidad de digestión, todo lo contrario al alimento balanceado. En este contexto, se propone la utilización de 2 especies de microalgas para evaluar el efecto sobre el crecimiento, sobrevivencia, biomasa final y composición nutricional de *Artemia franciscana*.

Este estudio se realizó en el cantón Machala que pertenece a la provincia de El Oro, específicamente en el Laboratorio de Citogenética de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, donde se colocó al azar 9 baldes con volumen de 10 litros de agua a 30 ups, la densidad de siembra fue de 200 nauplios/litro para cada unidad experimental y se mantuvo la aireación constante para proporcionar homogeneidad de los parámetros de cultivo. Se suministraron tres dietas de tres repeticiones consideradas como T1, T2, T3; de las cuales T1 pertenece a 100% Diatomeas, T2 a 100% Cianofitas y T3 a la mezcla de ambas especies a 50% de la concentración celular que fue 130.000 células/ml, el proyecto tuvo una duración de 8 días. Los resultados indican que T1, T2 y T3 no presentan diferencias significativas en función al aumento de talla de *Artemia franciscana*, no obstante, el crecimiento de las mezclas fue superior en relación a T1 y T2. Así mismo, T1 registró el mayor porcentaje de sobrevivencia y peso final entre los tratamientos, evidenciando que la alimentación monoalgal de *Chaetoceros sp* resultó ser la más beneficiosa en los primeros días de cultivo debido a su tamaño. Por otro lado, los valores obtenidos de proteína no presentaron diferencia significativa, aunque, se obtuvo mejor resultado numérico en T2. En base a los presentes

resultados se puede concluir que el efecto de los Diatomeas del género *Chaetoceros sp* es el de mayor relevancia en este tipo de cultivo.

**Palabras clave:** *Artemia franciscana*, Diatomeas, Cianofitas, Supervivencia, Crecimiento, Biomasa, Proteína.

## ABSTRACT

The intake of live feed such as phytoplankton and zooplankton provide many benefits in larval cultures of fish and shrimp. The perception of finding the appropriate species of microalgae and a correct dosage to feed *Artemia franciscana* has increased, its economic importance stands out for its nutritional quality, ease of ingestion and excellent digestion capacity, contrary to balanced foods. In this context, the use of 2 species of microalgae is proposed to evaluate the effect on the growth, survival, final biomass and nutritional composition of *Artemia franciscana*.

This study was carried out in the Machala canton that belongs to the province of El Oro, specifically in the Cytogenetics Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences, where 9 buckets with a volume of 10 liters of water were randomly placed at 30 ups, the density Sowing rate was 200 nauplii/liter for each experimental unit and constant aeration was maintained to provide homogeneity of the culture parameters. Three diets of three repetitions considered T1, T2, T3 were supplied; of which T1 belongs to 100% Diatoms, T2 to 100% Cyanophytes and T3 to the mixture of both species at 50% of the dosage which was 130,000 cells/ml, which lasted 8 days. The results indicate that T1, T2 and T3 do not present significant differences depending on the increase in size of *Artemia franciscana*, however, the growth of the mixtures was higher. Likewise, T1 recorded the highest percentage of survival and final weight among the treatments, showing that the monoalgal feeding of *Chaetoceros sp* turned out to be the most beneficial in the first days of culture due to its size. On the other hand, the protein values obtained did not present a significant difference, although a better numerical result was obtained in T2. Based on the present results, it can be concluded that the effect of of the Diatoms of the genus *Chaetoceros sp* is the most relevant in this type of crop.

**Keywords:** *Artemia franciscana*, Diatoms, Cyanophytes, Survival, Growth, Biomass, Protein.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
RESUMEN .....	III
ABSTRACT .....	V
CAPITULO I .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.4.3 Hipótesis de la investigación .....	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.1 Descripción de <i>Artemia Franciscana</i> .....	6
2.1.2 Microalgas utilizadas en la investigación .....	13
CAPÍTULO III.....	17
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1.1 Materiales y equipos .....	17
3.1.2 Metodología .....	21
CAPITULO IV.....	27
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.1 Supervivencia.....	27
4.1.2 Crecimiento.....	29
4.1.3 Biomasa.....	31
4.1.4 Proteína .....	32
4.1.5 Comportamiento de los parámetros del agua.....	34
4.2 DISCUSIÓN.....	36
CAPITULO V.....	39
5.1 CONCLUSIONES .....	39
5.2 RECOMENDACIONES .....	40
CAPITULO VI.....	41

6.1	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	41
6.2	ANEXOS.....	46

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Morfología y dimorfismo sexual de la <i>Artemia franciscana</i> . .....	9
<b>Ilustración 2.</b> Partes del quiste de la <i>Artemia franciscana</i> . .....	10
<b>Ilustración 3.</b> Ciclo de vida y tamaño de la <i>Artemia franciscana</i> . .....	11
<b>Ilustración 4.</b> Ubicación del trabajo de investigación. ....	17
<b>Ilustración 5.</b> Esquema de distribución al azar de los tratamientos.....	25
<b>Ilustración 6.</b> Porcentaje de sobrevivencia final de cada tratamiento. ....	29
<b>Ilustración 7.</b> Crecimiento de la <i>Artemia franciscana</i> de cada tratamiento .....	30
<b>Ilustración 8.</b> Biomasa final de <i>Artemia franciscana</i> de cada tratamiento.....	32
<b>Ilustración 9.</b> Análisis de proteína de los tratamientos.....	33

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de la <i>Artemia franciscana</i> . .....	6
<b>Tabla 2.</b> Porcentaje de contenido nutricional de quiste, nauplio y adulto de <i>Artemia franciscana</i> . .....	12
<b>Tabla 3.</b> Taxonomía de la <i>Spirulina sp.</i> .....	15
<b>Tabla 4.</b> Taxonomía de <i>Chaetoceros sp.</i> .....	16
<b>Tabla 5.</b> Población inicial y final de <i>Artemia franciscana</i> en los tratamientos. ....	27
<b>Tabla 6.</b> Prueba de normalidad de la sobrevivencia de los tratamientos en Arcoseno. ....	28
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Wilcoxon entre tratamientos en función a la sobrevivencia (arcoseno). ....	28
<b>Tabla 8.</b> Comparación estadística entre tratamientos en función de tallas de crecimiento.....	30
<b>Tabla 9.</b> Comparación estadística entre tratamientos en función a la biomasa total. ....	31
<b>Tabla 10.</b> Comparación estadística entre tratamientos en función al porcentaje de proteína obtenido.....	33
<b>Tabla 11.</b> Parámetros físico-químicos del agua durante el cultivo de <i>Artemia franciscana</i> .....	35

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cultivo de microalgas para alimentación de la <i>Artemia franciscana</i> .....	46
<b>Figura 2.</b> Conteo celular de <i>Spirulina sp</i> en cámara Sedgwick Rafter. ....	46
<b>Figura 3.</b> Juvenil del tratamiento 100% <i>Spirulina sp.</i> .....	46
<b>Figura 4.</b> Conteo manual de sobrevivencia de <i>Artemia franciscana</i> .....	47
<b>Figura 5.</b> Toma de parámetros físico-químicos del agua.....	47

# CAPITULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura se basa en la construcción de ambientes artificiales adaptados a un entorno óptimo para los organismos acuáticos, en la que se generan diferentes tipos de cultivos destinados para algas, crustáceos, moluscos, y peces, el éxito se basa en mantener el sistema sostenible de un medio controlado o semi controlado, con la intención de obtener la mayor remuneración económica posible a partir de la comercialización de su biomasa final. En larvicultura de especies superiores como peces o camarones existen dos opciones de alimento: balanceado y alimento vivo, analizando la calidad nutricional de *Artemia franciscana* alimentada con dietas a base de microalgas apropiadas para su desarrollo.

La ingesta de alimento vivo como el zooplancton y fitoplancton es esencial en las etapas larvarias y juveniles de muchas especies acuáticas, con frecuencia se visualiza que el suministro de alimentos balanceados no satisface los requerimientos nutricionales de las especies cultivadas, debido a que comúnmente la disponibilidad y asimilación de nutrientes esenciales en los piensos es baja. Se han realizado ensayos donde se observa un crecimiento y sobrevivencia mayor suministrando especies como rotíferos, copépodos o artemias en los primeros estadios.

La explotación de las presas vivas, por ejemplo: la *Artemia franciscana* cuando es alimentada con microalgas ricas en ácidos grasos, proteína y antioxidantes como fuente de nutrición, es crucial porque mejora los valores nutricionales de esta especie; por ende, la ingesta de éste braquiópodo es muy importante en los primeros estadios, ya que aumenta el crecimiento de los organismos, así mismo desempeña un papel muy importante en el desarrollo del sistema nervioso en alevines de peces; además regulan el crecimiento, supervivencia y resistencia a

contraer patógenos en crustáceos. En cambio, con la alimentación únicamente de balanceado se produce individuos con un desarrollo deficiente.

En los últimos años, ha sucedido un aumento en las investigaciones sobre la alimentación de *Artemia franciscana* con microalgas que son de fácil digestión y su perfil de aminoácidos es favorable. La *Spirulina sp* y *Chaetoceros sp* son un género de microalgas de interés potencial en la producción de alimento vivo debido a sus propiedades bioquímicas, tamaño adecuado y su fácil producción. Para lograr un mantenimiento de la biomasa algal, es importante tener en cuenta los parámetros de cultivos fotoautotróficos como, por ejemplo: la iluminación (incluyendo el fotoperíodo, el tipo de luz y su intensidad). Además la concentración, calidad de nutrientes, cantidad de aireación suministrada, salinidad, temperatura y el pH que se convierten en factores críticos porque influyen significativamente en la producción de biomasa (Montoya & Acosta, 2021).

Se ha comprobado que la intensidad de luz juega un papel muy importante en la reproducción de las microalgas por ser organismos autotótrofos, además de la calidad y tipo de nutrientes que conforman el medio de cultivo, que harán que se obtenga un mayor incremento de biomasa o células/ml.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La descomposición de alimentos balanceados con alto contenido de proteína causa deterioro considerable en la calidad de agua de cultivos de desarrollo larvario de especies acuáticas, por consiguiente, si se realiza un manejo incorrecto de la alimentación, promoverá un incremento de los compuestos nitrogenados (amonio, nitritos y nitratos), que en condiciones donde el pH y la temperatura sean elevadas, los metabolitos mencionados se vuelven tóxicos para el animal ocasionando un aumento en el porcentaje de mortalidad.

La *Artemia franciscana* es una fuente de alimento vivo alto en proteínas, ácidos grasos, minerales, pigmentos, compuestos bioactivos y puede llegar a masificaciones de hasta 0.3 toneladas de biomasa por cada hectárea (Thi Ngoc Anh et al., 2023). Además, son de fácil producción para cubrir la cantidad demandada en las fases larvarias de los organismos; es un alimento que no perjudica la bioseguridad del cultivo, ya que al no generar exceso de materia orgánica evita la proliferación de patógenos y el estrés de las especies cultivadas.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación destinada a la producción de *Artemia franciscana* alimentada con mezclas de diatomeas y cianofitas, se justifica por la relevancia que tiene este microcrustáceo en la alimentación de alevines de peces y postlarvas de camarón, inclusive son beneficiosas cuando se realiza la maduración en reproductores de camarón. Su tamaño ideal y la calidad nutricional que poseen los convierte en una presa viva importante para la alimentación de especies superiores, incrementado la demanda de este organismo y buscando nuevas alternativas como dietas de alimentación para la *Artemia franciscana*.

La fácil eclosión de cistos y rápido crecimiento de la *Artemia franciscana* son aspectos importantes en la comercialización como insumo alimenticio para la acuicultura, con el propósito de producir animales que sean de mayor importancia económica. La alimentación de este organismo está en función de las microalgas suministradas, puesto que, una correcta dosificación garantiza el desarrollo continuo y mejora la calidad nutricional de la *Artemia franciscana*, por esta razón, se realizan ensayos innovadores que pongan a prueba la factibilidad alimenticia de las diversas especies de microalgas.

La evaluación de nuevas especies y dosificación de microalgas como alimento para *Artemia franciscana* representa un avance biotecnológico en la acuicultura, ya que es una especie que se caracteriza por ser capaz de adquirir las mismas propiedades nutricionales de las microalgas suministradas o de sustancias nutricionales, como es el caso de las microalgas que tienen un elevado índice de ácidos grasos como: eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), que están directamente relacionados al desarrollo de prácticas más eficientes, mejorando la productividad y sostenibilidad de la industria acuícola.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la mezcla de microalgas Diatomeas y Cianofitas como dietas en la producción de biomasa de *Artemia franciscana*.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Comparar en función de la mezcla de microalgas el efecto sobre la biomasa y sobrevivencia de *Artemia franciscana* hasta que alcanzan la madurez sexual.
- Comparar el efecto de la mezcla de microalgas sobre crecimiento de *Artemia franciscana* en cada tratamiento.
- Evidenciar si existe diferencia de los niveles de proteína de *Artemia franciscana* en los tratamientos.

### **1.4.3 Hipótesis de la investigación**

Se considera que el manteniendo de las condiciones óptimas de cultivo y un suministro adecuado de microalgas, tiende a producir una sobrevivencia más alta en el cultivo de *Artemia franciscana*, el estudio de estas microalgas Diatomeas (*Chaetoceros sp*) y Cianofitas (*Spirulina sp*) es fundamental para continuar con el avance de la acuicultura, tomando en cuenta que estas microalgas poseen un gran valor nutricional.

## CAPÍTULO II

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1 Descripción de *Artemia Franciscana*

La *Artemia franciscana* es la especie más comercializada como alimento vivo en la acuicultura, es una especie de microcrustáceo que corresponde a la subclase Branchiopoda, en ciertos lugares se la conoce como “monos marinos”. Se caracteriza por ser un portador de compuestos nutricionales cuando son alimentadas con microalgas o aditivos de alimentación, además es de fácil producción y bajo mantenimiento (Araujo et al., 2022). Su cuerpo está cubierto de quitina y sus propiedades fisiológicas le permiten sintetizar pigmentos respiratorios de manera eficiente para sobrevivir en niveles de oxígeno muy bajos y cuentan con un rango de tolerancia a la salinidad mayor a otras especies de su mismo género. Seguidamente se presenta la clasificación taxonómica de la *Artemia franciscana* en la tabla 1.

**Tabla 1.** Taxonomía de la *Artemia franciscana*.

<b>Categoría taxonómica</b>	<b>Taxonomía</b>
<b>Reino</b>	Animalia
<b>Phylum</b>	Arthropoda
<b>Clase</b>	Crustacea
<b>Orden</b>	Anostraca
<b>Familia</b>	Artemiidae
<b>Género</b>	Artemia (Asem et al., 2011)
<b>Especie</b>	Franciscana
<b>Nombre científico</b>	<i>Artemia franciscana</i> (Kellog, 1906)

Fuente: (Alireza et al., 2010)

Cuando ésta especie alcanza su madurez sexual los machos se distinguen de las hembras por un dimorfismo sexual que se evidencia en la parte superior con un par de antenas modificadas, de manera que poseen una reproducción sexual y asexual (partenogénesis) (Asem et al., 2021) A nivel mundial se pueden encontrar diversas especies de este género, donde resaltan la *Artemia monica*, *Artemia urmiana*, *Artemia sinica*, *Artemia salina* y la *Artemia franciscana* por su alto interés comercial (Sainz et al., 2022).

#### **2.1.1.1 Hábitat**

Este organismo es originario del lago Utah en Estados Unidos, es un crustáceo diminuto que también pueden vivir en lagos y lagunas salobres subterráneas, cuentan con mecanismos fisiológicos como la eficiente capacidad osmorreguladora capaz de hacer que el organismo soporte ambientes hipersalinos y una excelente adaptación a temperaturas que fluctúan entre 5 a 35 °C (Tizol & Díaz, 1996).

En condiciones de laboratorio la aireación es uno de los factores importantes en el proceso de eclosión de los quistes, debido a que se mantienen circulación en la columna de agua permitiendo romper el corión y que el agua se torne de color castaño rojizo indicando que la eclosión ha iniciado (Rahman & Sorgeloos, 2022). El rango de oxígeno óptimo es de 2 mg/l a 4 mg/l, salinidad de 32 a 65 unidades prácticas de salinidad (ups) y un rango de pH óptimo que varía entre 6.5 a 8, sin embargo, cuando se encuentra en estado silvestre puede mejorar su adaptabilidad al ambiente y soportar rangos mayores (Lois et al., 2022).

### **2.1.1.2 Alimentación**

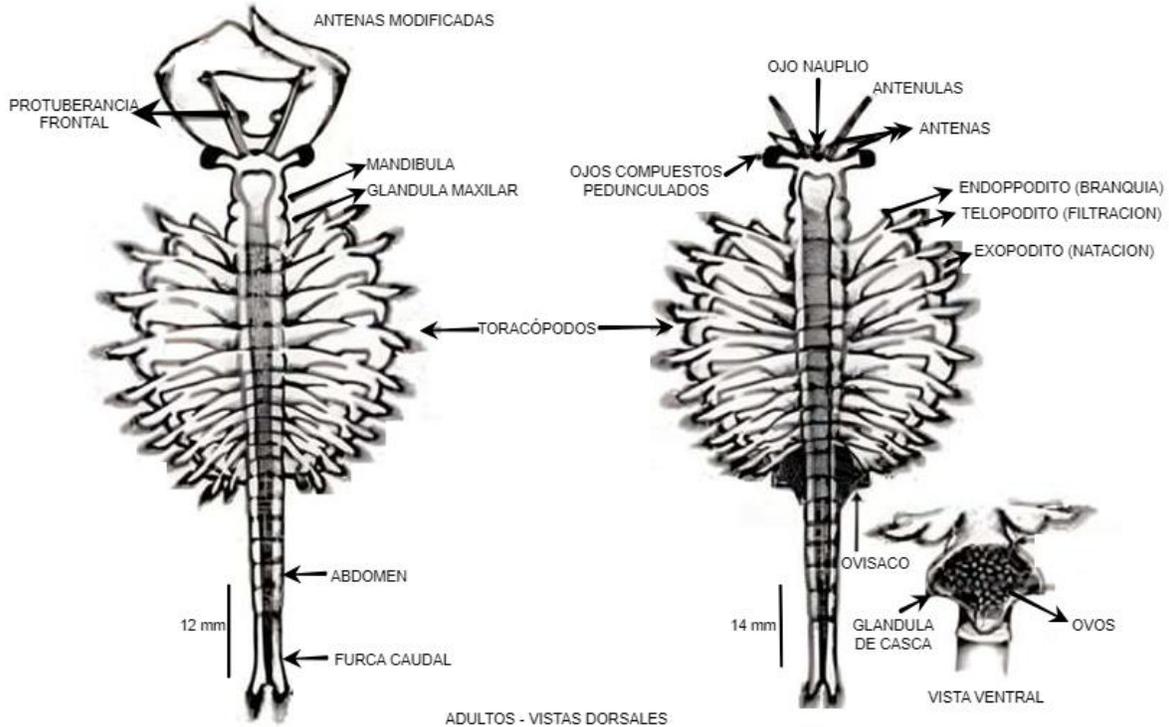
La *Artemia franciscana* se caracteriza por ser un animal filtrador no selectivo, es decir, su necesidad de alimentarse puede ser suplida con toda partícula en suspensión que lo rodea como microalgas de tamaño ideal y materia orgánica (menor a 50  $\mu\text{m}$ ) referente al detritus. Las artemias tienen un periodo de alimentación de 24 horas debido a que su metabolismo y actividad fisiológica es acelerada (mudas redundantes); en acuicultura se emplean por su capacidad de absorción de nutrientes mediante la alimentación con microalgas convenientes, convirtiéndose así en un vector para facilitar la transferencia de nutrientes a las especies superiores cultivadas (Joshua et al., 2022).

### **2.1.1.3 Morfología**

Este organismo zooplanctónico se destaca por tener un torso alargado y de contextura delgada, presenta una diferenciación clara entre las partes del cuerpo: cabeza, tórax y abdomen; los rasgos más destacados de su cuerpo (Ilustración 1) son su tórax se encuentra segmentado en 11 partes, donde en cada segmento se localiza un par de apéndices que usa para moverse denominados “toracópodos”, en el área baja presenta ocho segmentos abdominales que terminan en una cola puntuda llamada telson, en la que se encuentra la furca caudal y el ano. En estadios mayores se caracterizan por presentar coloraciones verdosas o azuladas en hembras y el macho naranja translúcido o rosado debido a que su hemolinfa contiene hemoglobina (Paz et al., 2020).

**Ilustración 1.** Morfología y dimorfismo sexual de la *Artemia franciscana*.

---



---

Fuente: Zheng & Sun, (2023)

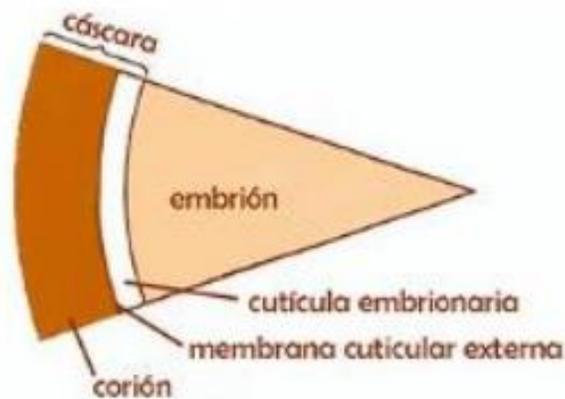
El tamaño del organismo puede llegar hasta 18 mm en fase adulta, posee un ojo compuesto parecido al de los insectos y pedunculados como el caso de los artrópodos marinos, esta es una especie que presenta fototactismo positivo, es importante destacar el dimorfismo sexual que se evidencia en *Artemia franciscana* , ya que el macho tiene una expansión en la cabeza llamada “antenas modificadas”, que utiliza para abrazar a la hembra durante la cópula; por el contrario, a la hembra se la diferencia ya que en su madurez sexual desarrolla un punto negro visible nombrado saco ovígero, que es donde se establecen los huevos fecundados (Ghomari, 2020).

#### 2.1.1.4 Ciclo de vida

Su ciclo de vida se secciona en tres fases, las cuales son: el quiste o huevo, la larva (nauplio, metanauplio y juvenil) hasta llegar a la tercera fase es la adulta. Cuando la hembra es fecundada tiene la posibilidad de desarrollar los quistes dentro del saco ovífero, pero esto va a depender que las condiciones ambientales sean adecuadas para la especie, caso contrario permanecerán protegidos por una capa rígida de quitina y pasarán a un estado de detención del desarrollo y tolerancia al estrés (MacRae, 2016).

**Ilustración 2.** Partes del quiste de la *Artemia franciscana*.

---



---

Fuente: <https://www.planeta-neli.es/index.php/2015/10/20/artemia-salina-parte-ii/>

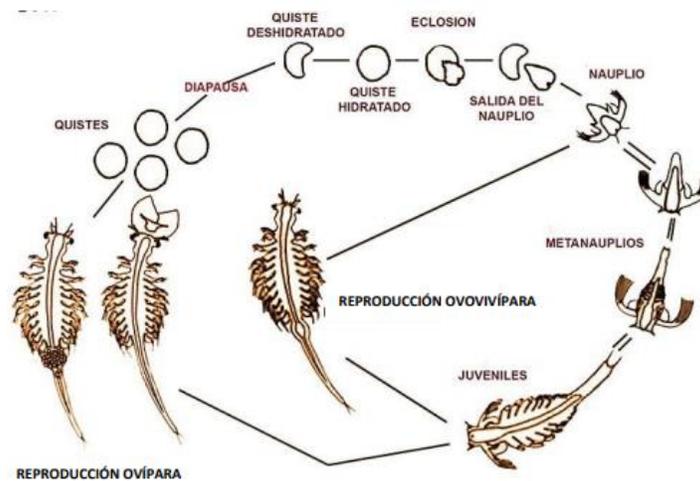
Cuando las condiciones ambientales de temperatura, salinidad y aireación son ideales, la corteza protectora de los quistes denominada “corión” se rompe dando origen al nauplio, el cual se diferencia por no poseer segmentos completamente definidos (Wu et al., 2023).

En etapa de nauplio se considera que llega a medir 500 micras de longitud, se evidencia el desarrollo de antenas, anténulas, mandíbula y presenta un color naranja peculiar. Seguidamente, al iniciar la muda pasa a la siguiente etapa larval denominada metanauplio, en la que desarrolla un

sistema digestivo completo para la alimentación exógena y comienza a ser un filtrador no selectivo (Madkour et al., 2023).

Esta especie atraviesa por lo menos 15 mudas durante su crecimiento para llegar a la adultez, en esta etapa se logra diferenciar los apéndices lobulares en cada lado del segmento ubicados en la región torácica, también se distinguen los toracópodos y ojos pedunculados en ambos sentidos del ojo naupliar, el dimorfismo sexual comienza a evidenciarse en la etapa de pre-adulto, puesto que los machos desarrollan las antenas modificadas y las hembras aparecen en forma de una hoja pequeña (Gaspar et al., 2021).

**Ilustración 3.** Ciclo de vida y tamaño de la *Artemia franciscana*.



Fuente: <https://www.zootecniadomestica.com/artemia-salina/>

### 2.1.1.5 Contenido nutricional

En la actualidad la *Artemia franciscana* es una de las fuentes de alimento vivo más importantes en larvicultura de peces y crustáceos, se la utiliza tanto en cultivos de agua dulce o salada, el porcentaje de proteína y lípidos va a variar en función de la etapa en que se encuentre el animal. En este sentido, vale la pena señalar que una correcta descapsulación permite tener un

coeficiente de digestibilidad más alto y la alimentación de *Artemia franciscana* es fundamental para potenciar su valor nutricional y obtener porcentajes de sobrevivencia y biomasa importante. (Arcanjo et al., 2012).

La importancia nutricional de la *Artemia franciscana* está enfocada en su contenido de ácidos grasos altamente insaturados, lo que provoca gran demanda en la industria acuícola. Está demostrado por Wang et al., (2022) que en estadios tempranos de peces y camarones alimentados con *Artemia franciscana*, el crecimiento en longitud y la ganancia de peso es mayor, de manera que se convierte en una fuente de nutrición completa.

Los ácidos grasos están categorizados por la de cadena larga que contiene más o menos 20 carbonos, de los cuales se destacan: docosahexaenoico (DHA) y el eicosapentaenoico (EPA), estos se caracterizan por formar mayor parte de las estructuras de fosfolípidos y glucolípidos que conforman las células, los cuales son muy importantes en los organismos acuáticos porque impulsa la construcción de biomembranas, optimiza el desarrollo de las estructuras nerviosas de los estadios larvarios, se conoce que los seis ácidos grasos esenciales para un correcto desarrollo de peces y crustáceos son: 16:0; 16:1; 18:1; 18:2  $\omega$ 6; 18:3  $\omega$ 3 y 20:5  $\omega$ 3; por lo tanto es de suma importancia en cultivo (Castro et al., 2004).

**Tabla 2.** Porcentaje de contenido nutricional de quiste, nauplio y adulto de *Artemia franciscana*.

<i>Artemia franciscana.</i>	Proteína (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Extracto de Nitrógeno (%)
<b>Quiste</b>	56.98	0.41	14.71	5.17	22.73
<b>Nauplio</b>	58.20	19.27	3.69	15.24	3.60
<b>Adulto</b>	59	6	5	27	-

Fuente: Leticia et al., (2006).

### **2.1.1.6 Generalidades de las microalgas**

En la mayoría de los ecosistemas, las microalgas desempeñan el papel de productores primarios en la cadena alimentaria, utilizan la energía solar para convertir compuestos inorgánicos del entorno en material orgánico mediante la fotosíntesis. Se caracterizan por la gran diversidad de formas, tamaño, estructura celular, metabolismo, composición química, ciclos de vida y hábitats, por lo que pueden encontrarse en lugares soleados en hábitats terrestres y también en el agua dulce y salada, desde las regiones árticas hasta los trópicos (Us, 2011).

Las microalgas de menor tamaño cuentan con una forma redondeada para así poder mantenerse más tiempo en la columna de agua y poder absorber la energía solar, en cambio las medianas o grandes poseen prolongaciones, cuernos o puntas entre otras estructuras que generen fricción en el agua, por ejemplo, los *Chaetoceros calcitrans* presentan una forma rectangular y puntas en cada extremo de la pared celular. Los medios de cultivo que las microalgas necesitan son importantes para la proliferación, las clorofitas o algas verdes precisan nutrientes como el boro, así como en las diatomeas que se requiere de sílice para penetrar en el organismo facilitando la proliferación, ya que las diatomeas se caracterizan por tener una capa dura de silicato (Arzate & Jesus, 2021).

## **2.1.2 Microalgas utilizadas en la investigación**

### **2.1.2.1 Descripción de *Spirulina sp***

La *Spirulina sp* es un tipo de alga unicelular de color azul verdoso, se clasifica dentro del grupo de las cianofitas, también conocidas como cianobacterias (Rassman et al., 2023). Habita en lagos alcalinos, destaca por su alto contenido proteico en dietas acuícolas, que oscila entre el 60% y el 70%, y por su capacidad para mejorar la absorción de micronutrientes como el hierro, el ácido

gama-linolénico, las vitaminas, los minerales, los polisacáridos, los sulfatos y la ficocianina. Además, su adaptabilidad y propiedades la hacen especialmente adecuada para diversos usos acuícolas (Rojas et al., 2023). El ciclo de vida se compone de varias etapas clave:

- a) la fragmentación de los tricomas.
- b) la expansión de los hormogonios celulares.
- c) los procesos de maduración.
- d) la elongación de los tricomas.

Los tricomas maduros se segmentan en numerosos filamentos pequeños u hormogonias, los cuales se forman por células especializadas conocidas como necridia celulares. La cantidad de células dentro de cada hormogonio aumenta mediante fisión binaria. Durante este procedimiento, los tricomas experimentan un crecimiento longitudinal y se transfiguran en su estado helicoidal (Malpartida et al., 2022).

### **2.1.2.2 Categorización taxonómica**

Los tricomas, que varían en tonalidades entre verde azulado, pueden ser cortos o largos, generalmente se agrupan y tienen un diámetro de 7 a 8  $\mu\text{m}$ . Se presentan en formas espirales o helicoidales con 5-9 espiras, a veces numerosas y cerradas del mismo diámetro a lo largo de su longitud, con una ligera atenuación en los extremos. Las células son más anchas que largas, aproximadamente sub-cuadradas de 3 a 4  $\mu\text{m}$  o más de longitud (Nurko, 2023). El protoplasto suele mostrar una apariencia pseudovacuada, con gránulos en las paredes transversales que a menudo son difíciles de visualizar debido a la densidad de las pseudovacuas. La célula terminal tiene forma hemisférica, a veces ligeramente atenuada, y puede parecerse a una caliptra, con una membrana apical externa delgada (Abreu et al., 2023). Los tricomas exhiben un movimiento activo

que comienza en uno de sus extremos y se mueve lentamente hacia todo el cuerpo del tricoma, generando un desplazamiento de rotación. La propagación ocurre mediante la fragmentación de la espira, generando semiespiras o varias células denominadas hormogonios (Fernández et al., 2019).

**Tabla 3.** Taxonomía de la *Spirulina sp.*

Categoría taxonómica	Taxonomía
Dominio	Bacteria
Filo	Cyanobacteria
Clase	Cyanobacteria
Orden	Oscillatoriales
Familia	Oscilatoriaceae
Género	<i>Spirulina</i>
Especie	<i>S. máxima</i> (= <i>Arthrospira</i> )

Fuente: Arias, (2023).

### 2.1.2.3 Descripción de *Chaetoceros sp*

Este género se considera el más extenso de las diatomeas planctónicas marinas, se encuentra ampliamente distribuido en los océanos del mundo (Septiani et al., 2023). Son unicelulares y algunas tienen la capacidad de formar cadenas de distintas formas. Su tamaño puede oscilar entre 6 a 8  $\mu\text{m}$  en su eje apical y comúnmente presentan 4 setas o espinas (Bey et al., 2023).

De acuerdo con Cueva & Zambrano (2023), el contenido nutricional de las diatomeas marinas varía según la especie y las condiciones de cultivo, estas pueden tener rangos de 29% a 37% de proteínas, de 17% a 24% de carbohidratos y del 7% a 10% de lípidos. Además, poseen ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) es alto en ácido araquidónico (ARA), ácido docosahexaenoico

(DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA) importantes en el crecimiento de zooplanctón (Chen et al., 2023). Seguidamente la clasificación taxonómica de *Chaetoceros sp.*

**Tabla 4.** Taxonomía de *Chaetoceros sp.*

<b>Categoría taxonómica</b>	<b>Taxonomía</b>
Reino	Chromalveolata
Filo	Heterokontophyta
Clase	Bacillariophyceae
Orden	Centrales
Familia	Chaetoceroteceae
Género	<i>Chaetoceros</i> (Geng et al., 2023)
Nombre científico	<i>Chaetoceros sp</i>

Fuente: García et al., (2023).

## CAPÍTULO III

### 3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.1 Materiales y equipos

##### 3.1.1.1 Área de estudio

El lugar de estudio se llevará a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, la cual se encuentra ubicada en el cantón Machala, provincia de El Oro, con coordenadas: 3°17 '30 "S 79°54' 50"W.

**Ilustración 4.** Ubicación del trabajo de investigación.



Fuente: Google maps (2024).

##### 3.1.1.2 Equipos

- Microscopio binocular.
- Ocular para microscopio WF10x/18 mm

- Multiparámetro HANNA HI98194/10 (pH, salinidad, oxígeno y temperatura)
- Cámara de Neubauer
- Cámara Sedgewick Rafter
- Compresor de aire
- Aireador de 2 y 4 salidas
- Balanza analítica
- Mufla
- Filtro de 5 micras para agua
- Lámpara led
- Taladro

### **3.1.1.3 Materiales**

- Tubo PVC 3/4"
- Pegamento de plástico para PVC
- Llaves de paso de aire 3/16"
- Manguera 3/16"
- Tanque de 250 litros
- Baldes de 12 litros
- Botellas de 1 galón
- Botellas de 1 litro
- Agua de mar tratada y esterilizada
- Agua destilada
- Tubos de vidrio

- Jeringas de 5 ml
- Vasos de plástico
- Piedras difusoras

#### **3.1.1.4 Material de laboratorio**

- Pipetas de 1 ml
- Pipetas de 10 ml
- Tubos capilares
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Cajas Petri
- Beakers de 500 ml
- Malla de 60 micras
- Goteros
- Mortero
- Crisol

#### **3.1.1.5 Insumos químicos**

- Medio de cultivo para microalgas
- Ortotolidina
- Alcohol potable 70°
- Cloro líquido
- Detergente en polvo

### **3.1.1.6 Material biológico**

- Cepa de *Chaetoceros sp* y *Spirulina sp*
- Quistes de *Artemia franciscana*

### **3.1.1.7 Material de oficina**

- Cámara fotográfica
- Cuaderno de apuntes
- Esferos
- Marcador de color negro
- Identificadores adhesivos
- Estilete
- Cinta doble cara

### **3.1.2 Metodología**

#### **3.1.2.1 Oxigenación**

Para la construcción del sistema de aireación se utilizó un tubo de PVC  $\frac{3}{4}$  con una longitud de 2 metros, en un extremo se colocó una tapa de tubería y en el otro extremo un adaptador para manguera de 10 mm de diámetro interno, con la ayuda de un taladro se perforó el tubo nueve veces a una distancia de 22,22 cm entre sí, los cuales fueron colmados por llaves que permitieron la regulación del aire lo más homogéneamente posible.

Para el abastecimiento de aire se empleó un compresor de 150 Watts con una capacidad de 170 litros/minuto.

#### **3.1.2.2 Cultivo de microalgas**

Las cepas de *Chaetoceros sp* y *Spirulina sp* fueron conseguidas de un laboratorio de algas ubicado en la península de Santa Elena, Ecuador. Para realizar el repique de microalgas se destinaron 4 baldes de 10 litros y 2 baldes de 20 litros, también se implementó una lámpara led de 32 Watts 6000 K 85-265 V que permitió intensidad de luz de 24 horas para asegurar que el proceso fotosintético se mantenga constante y haciendo renovaciones cada 3 días para mantener una buena calidad de microalgas y obtener una alta concentración de células/ml.

#### **3.1.2.3 Eclosión de *Artemia franciscana***

Para la eclosión de los quistes se fabricó un eclosionador casero haciendo un corte horizontal en la parte inferior de una botella plástica de tres litros, consiguiendo que la parte superior se voltee y se afiance sobre la base, también se cubrió la botella completamente con un plástico negro para evitar el ingreso de luz, facilitando a posteriori la cosecha.

Una vez terminada la estructura del eclosionador, se colocó un litro y medio de agua previamente tratada de 30 ups, se conectó una manguera al aireador y a una varilla de vidrio que permitió que el aire salga expulsado desde el fondo hasta la superficie del eclosionador.

La cantidad de quistes de artemia puestos en el eclosionador fue de 1 g, los que se mantuvieron con una aireación constante y fuerte, una vez transcurrido 36 horas se evidenció una eclosión alrededor del 90%, por lo que se detuvo momentáneamente la aireación hasta que los nauplios se concentran en el fondo atraídos por una fuente de luz, ya que ellos tienen fototacismo positivo y los coriones se quedan a la superficie del eclosionador, lo que facilita su cosecha, luego se procedió a su conteo por método volumétrico.

#### **3.1.2.4 Preparación de unidades experimentales**

Para preparar las unidades experimentales se destinó el uso de nueve baldes transparentes que tenían la forma de cono truncado con capacidad de doce litros, para permitir que los tratamientos cuenten con las condiciones más homogéneas posibles se hizo una estructura de alambre galvanizado con el fin de darle soporte a la manguera y centrar las piedras difusoras para mantenerlas en el fondo de cada uno de los baldes.

El experimento se dividió en nueve unidades experimentales, tres unidades para el tratamiento T1 (100% Diatomeas), tres unidades para el tratamiento T2 (100% Cianofitas) y tres unidades para el tratamiento T3 (50% Diatomeas – 50% Cianofitas). Cada unidad experimental se llenó con 10 litros de agua marina, tratada y esterilizada para realizar la siembra de los nauplios.

La cantidad de nauplios sembrados fue de 2.000 en los 10 litros de agua, lo que nos da una densidad poblacional de 200 nauplios de *Artemia franciscana* por litro, contabilizados por método volumétrico tomando como referencia 10 muestras y sacando un promedio con una pipeta de 1ml.

### 3.1.2.5 Alimentación

Para mantener una concentración de microalgas estable en la producción de *Artemia franciscana*, se estandarizó una densidad aproximada de 130.000 células/ml de microalgas para cada tratamiento. La alimentación se controló diariamente a las 06h00, 12h00 y 18h00 reponiendo el consumo para mantener la concentración celular programada. Para conocer el volumen de microalgas a suministrar, se realizó el conteo de microalgas de los cultivos utilizando la cámara de Neubauer para *Chaetoceros sp* y cámara de Sedgewick Rafter para la *Spirulina sp*, en cada momento de alimentación se retiró el agua de fondo en cantidades igualitarias con el volumen de microalgas necesarias para enrazar a 130.000 células/ml en el balde, donde se implementó la siguiente fórmula para la dosificación de las microalgas:

$$As(ml) = \frac{(De - Dr) * V}{Dc}$$

**Donde:**

As: Alimento suministrado (ml)

De: Densidad estándar de microalga (células/ml)

Dr: Densidad residual de microalgas en los tratamientos (células/ml)

V: Volumen de agua de los tratamientos (ml)

Dc: Densidad de microalgas de los cultivos (células/ml)

### 3.1.2.6 Variables a medir

### 3.1.2.7 Parámetros del agua

Los parámetros fueron medidos una vez diariamente a las 12h00 tanto de oxígeno, pH, temperatura y salinidad, se registraron hasta terminar el experimento. Se utilizó un medidor multiparamétrico HANNA HI98194/10.

### 3.1.2.8 Crecimiento

El incremento en talla de la *Artemia franciscana* fue medido en milímetros en cada tratamiento, se utilizó un microscopio con ocular con retícula milimétrica y un cubreobjeto milimétrico para calibrar el ocular. La medición se realizó todos los días al finalizar la toma de parámetros, se colectó una muestra de 5 artemias al azar por cada tratamiento, ubicándolas en el portaobjeto donde se midieron las artemias desde el ocelo hasta la furca caudal.

### 3.1.2.9 Sobrevivencia

La sobrevivencia fue calculada al finalizar el octavo día del experimento, se lo realizó mediante un calculo volumetrico utilizando un tubo de 10 ml. Una vez obtenidas las cifras de cada tratamiento, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Sup (\%) = \frac{pf}{pi} \times 100$$

**Donde:**

Sup (%): Porcentaje de sobrevivencia

pf: Población final

pi: Población inicial

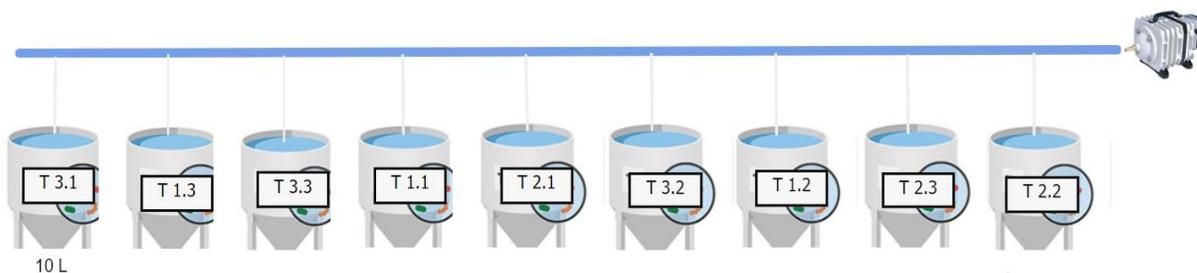
### 3.1.2.10 Biomasa y proteína

Para conseguir el valor de la biomasa, al finalizar el experimento se cosecharon las artemias, con ayuda de un cernidero se dejó escurriendo cada muestra durante 5 minutos, para lograr retirar la mayor cantidad de agua posible. Una vez escurrido la muestra se trasladó a un crisol previamente tarado en la balanza analítica, obteniéndose así el peso en gramos de cada tratamiento. En cuanto al análisis de los niveles de proteína, las muestras de cada tratamiento fueron enviadas a un laboratorio en peso húmedo y rotuladas las cajas Petri según el tratamiento.

### 3.1.2.11 Diseño experimental:

Se estableció un diseño completamente al azar, el cual consistió en tres tratamientos de tres repeticiones; el tratamiento T1 alimentada 100% de *Chaetoceros sp*, tratamiento T2 alimentada 100% de *Spirulina sp.* y el tratamiento T3 alimentada 50% de *Chaetoceros sp.* – 50% de *Spirulina sp.* Las condiciones de cultivo fueron estandarizadas en cuanto a temperatura, salinidad, luminosidad y oxígeno disuelto.

**Ilustración 5.** Esquema de distribución al azar de los tratamientos.



Fuente: Elaborado por autor

### **3.1.2.12 Análisis estadístico**

El diseño experimental utilizado en los diferentes tratamientos fue completamente al azar, empleando un diseño Tx3 (Donde T significa los tratamientos y 3 al número de repeticiones). Para la investigación se trabajó en una hoja de cálculo en Microsoft Excel LTSC 2022 que permitió el registro y almacenamiento de los datos. El análisis de varianza (ANOVA), se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics 26, para contrastar las diferencias de crecimiento, biomasa final y porcentaje de proteína de los tratamientos alimentados con las distintas dietas de microalgas. Cabe mencionar que los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los datos porcentuales de sobrevivencia se transformaron con la función arcoseno para verificar que exista una distribución normal, pero en este caso fue necesario realizar estadística no paramétrica porque el p-valor de la prueba de normalidad fue inferior al valor establecido y se empleó la prueba de Wilcoxon para esta variable. Todos los análisis estadísticos se hicieron con un nivel de significancia de 0.05. Así mismo, se ocupó este software para determinar la media y desviación estándar de los parámetros del agua (oxígeno, temperatura, pH y salinidad) y para la creación de gráfico de barras en cada uno de los objetivos específicos.

## CAPITULO IV

### 4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1.1 Sobrevivencia

La datos que se muestran en la (Tabla 5) indican la población inicial y final de los tratamientos, donde podemos evidenciar que el menor número de individuos encontrados en el octavo día fue la dieta monoalgal de *Spirulina sp*, por lo contrario, la tasa más alta de individuos corresponde a *Chaetoceros sp*.

**Tabla 5.** Población inicial y final de *Artemia franciscana* en los tratamientos.

Población de <i>Artemia franciscana</i>										
Día	T1 <i>Chaetoceros sp</i>	T1.2	T1.3	T2 <i>Spirulina sp</i>	T2.2	T2.3	T3 Mezcla	T3.2	T3.3	
1	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
8	1.778	1.689	1.756	1.785	409	1.624	1.531	1.576	1.648	

El porcentaje de sobrevivencia se determinó mediante la división de la población final (día 8) para la población inicial (día 1) y multiplicado por 100.

Se empleó la transformación arcoseno en los porcentajes de sobrevivencia para garantizar una distribución normal y no afectar la validez de las pruebas estadísticas. Tras observar los datos y dado que la muestra es menor a 50 se tendrá en consideración la prueba Shapiro-Wilk para conocer su distribución, así mismo se observa que las variables no siguen una distribución normal ya que el p-valor es menor a 0,05. (Tabla 6)

**Tabla 6.** Prueba de normalidad de la sobrevivencia de los tratamientos en Arcoseno.

<b>Dietas</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Diatomeas	0,744	6	0,017
Cianofitas	0,770	6	0,031
Diatomeas (50%)- Cianofitas (50%)	0,721	6	0,010

a. Corrección de significación de Lilliefors

A partir de ello se utilizó un análisis estadístico no paramétrico. Y para continuar se escogió la prueba de Wilcoxon, de la cual proporcionó como resultado una significancia asintótica de 0,015, este p-valor fue contrastado a un nivel de significancia de 0,05, demostrando que si existe una diferencia significativa entre la sobrevivencia de los tratamientos.

Por lo tanto, se interpreta que la especie de cianofita afecta al porcentaje de sobrevivencia debido a que su tamaño no le permite ser consumida en los primeros días de cultivo, incrementado el porcentaje de mortalidad (Tabla 7).

**Tabla 7.** Prueba de Wilcoxon entre tratamientos en función a la sobrevivencia (arcoseno).

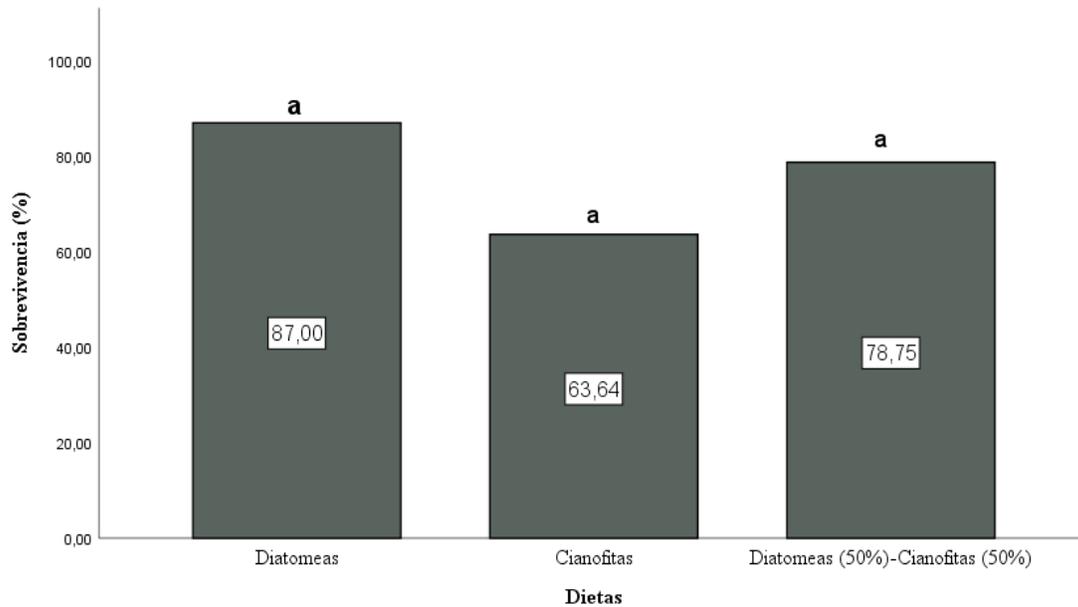
<b>Sobrevivencia(arcoseno) de Dietas</b>	
Z	-2,420 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	0,015

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

**Ilustración 6.** Porcentaje de sobrevivencia final de cada tratamiento.

---



Los valores de sobrevivencia final se observan en la Ilustración 6, numéricamente originó diferencias cuando se suministró únicamente diatomeas, en comparación con las dietas que contenían cianofitas los porcentajes de sobrevivencia fueron inferiores. Estos valores indican el efecto causado por la diferencia de tamaño de estas dos especies, que al combinarlas las cianofitas se vuelven dominantes en el medio por tener mayor tamaño y debido a que producen excreciones de quelantes provoca una inhibición de crecimiento de otras especies como diatomeas, según informan Millán-Almaraz et al., (2021).

#### **4.1.2 Crecimiento**

El experimento se detuvo cuando se encontró alrededor de 80% de cópula de las artemias en todos los tratamientos. El ANOVA indica que p-valor (0,474) es mayor a 0,05, por lo que se interpreta que no existe diferencia significativa en las medias de crecimiento entre las unidades experimentales, por lo tanto, se menciona que los tratamientos cianofitas, diatomeas o la

combinación de ambas representa una aportación semejante en el incremento de talla de *Artemia franciscana* (Tabla 8).

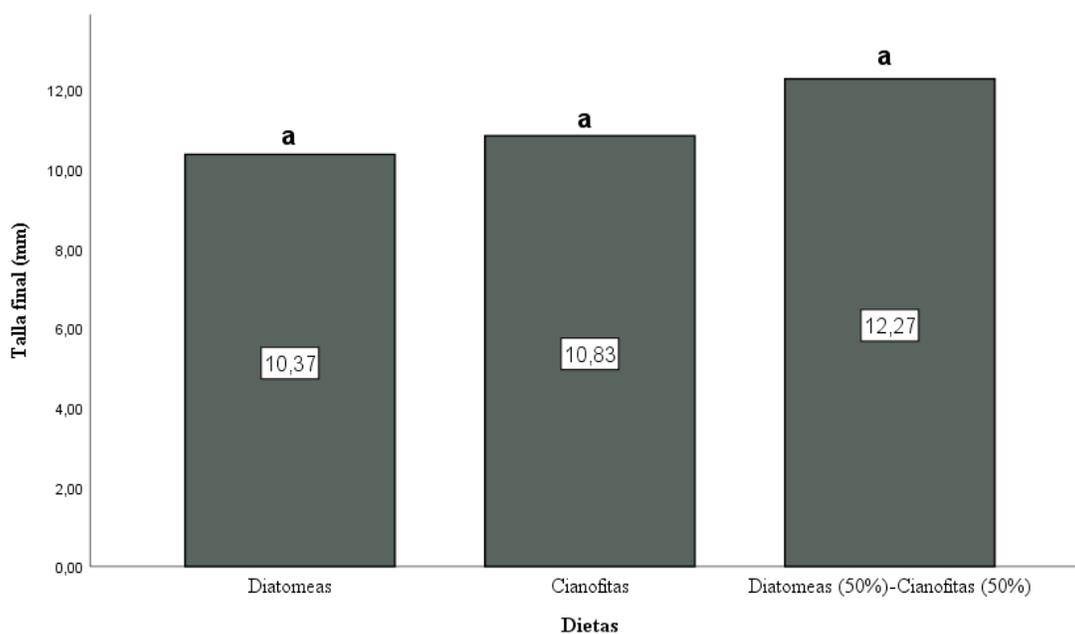
**Tabla 8.** Comparación estadística entre tratamientos en función de tallas de crecimiento.

Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	5,882	2	2,941	0,848	0,474
Dentro de grupos	20,800	6	3,467		
<b>Total</b>	<b>26,682</b>	<b>8</b>			

**gl:** significan los grados de libertad total, se utilizan para determinar el número de observaciones que pueden variar libremente en el análisis estadístico.

**F:** es un valor de la distribución, se calcula dividiendo las dos medias cuadráticas.

**Ilustración 7.** Talla de *Artemia franciscana* de cada tratamiento



En la ilustración 7, se puede apreciar que cuando se suministró la combinación de microalgas la longitud fue mayor con 12,27 mm en el octavo y último día de cultivo. Mientras que, en la investigación de Murphy et al., (1976) demostraron que los 9 días del cultivo, los juveniles de artemia alimentados con *Chaetoceros muelleri* alcanzaron una longitud promedio de  $3,53 \pm 0,12$  mm, el cual es un valor menor al obtenido en la presente investigación.

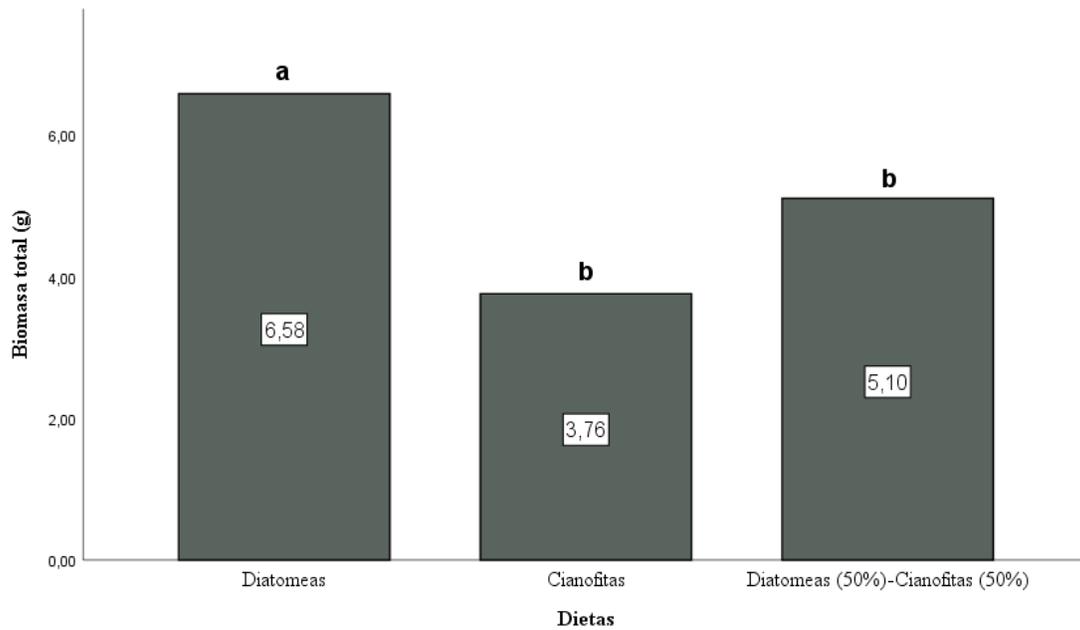
#### 4.1.3 Biomasa

Se comprobó estadísticamente que si existen diferencias significativas entre los tratamientos en función a la biomasa, ya que el p-valor en la prueba estadística realizada fue de 0,05 siendo igual a 0,05. Esto demuestra que el tratamiento de diatomeas mostró el mayor valor de biomasa, debido a que su tamaño es ideal para los primeros días de cultivo de *Artemia franciscana*, logrando que se incremente los valores en comparación con los tratamientos que contienen cianofitas (Tabla 9).

**Tabla 9.** Comparación estadística entre tratamientos en función a la biomasa total.

<b>Fuentes de variabilidad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Entre grupos	5,483	2	2,741	5,138	0,050
Dentro de grupos	3,201	6	0,534		
<b>Total</b>	<b>8,684</b>	<b>8</b>			

**Ilustración 8.** Biomasa total de *Artemia franciscana* de cada tratamiento.



En la ilustración 8, se puede apreciar que la biomasa final fue mayor en el tratamiento de diatomeas (6,58 g de biomasa húmeda o 0,00814 g por artemia), denotándose diferencias con los tratamientos de cianofitas y mezclas que sus valores fueron inferiores, 4,79 g y 5,10 g respectivamente. A diferencia de Mejía et al., (2021), afirmaron en su estudio que los valores más altos de biomasa se registraron cuando la *Artemia franciscana* fue alimentada con dietas a base de harina de soya, mientras que, la biomasa de los tratamientos con microalgas fue inferior.

En el tratamiento de Cianofitas a partir del séptimo y octavo día se evidenció mortalidad repentina, posiblemente debido a una patología que sería causa de análisis en investigaciones a futuro.

#### 4.1.4 Proteína

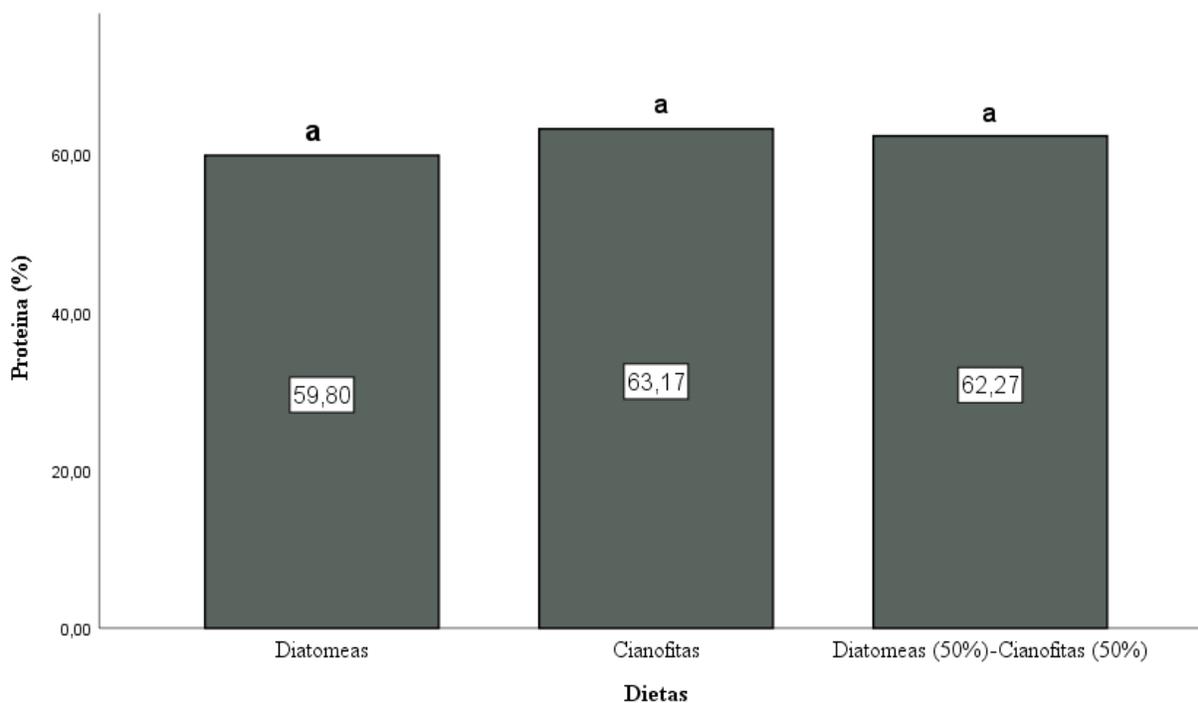
El porcentaje de proteína se realizó bajo el método de micro kendhjal. No se presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en función de los análisis de proteína de la *Artemia franciscana* obtenidos, ya que el p-valor (0,966) conseguido en la prueba estadística

realizada fue mayor a 0,05. Por lo tanto, se entiende que las especies de microalgas utilizadas aportan niveles de calidad nutricional similares (Tabla 10).

**Tabla 10.** Comparación estadística entre tratamientos en función al porcentaje de proteína obtenido.

Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	18,229	2	9,114	0,034	0,966
Dentro de grupos	1594,693	6	265,782		
<b>Total</b>	<b>1612,922</b>	<b>8</b>			

**Ilustración 9.** Análisis de proteína de los tratamientos.



En la ilustración 9, se evidencia numéricamente que el porcentaje de proteína mayor fue cuando se utilizó cianofitas con 63,27%, del mismo modo, el valor del tratamiento donde se suministró la combinación de ambas microalgas fue similar con 62,27%, mientras que, la utilización de

solamente diatomeas presentó el valor más bajo con 59,80%. Lo que justifica que las cianofitas mejoran ligeramente la calidad nutricional de la *Artemia franciscana*.

#### **4.1.5 Comportamiento de los parámetros del agua**

La relación de los valores de los parámetros (Tabla 11), en el caso de la temperatura permanecieron entre 28,015 a 28,0240 °C. Por otro lado Villegas (2022), señala que los valores sugeridos como óptimos son de 25 a 30 °C para un correcto desarrollo de la *Artemia franciscana*.

Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto, se obtuvo como resultado valores entre 6,2646 a 6,2863 mg/L puesto que la aireación fue constante y regular todo el cultivo, manteniéndose en el rango óptimo de crecimiento mencionado por Benavides et al., (2021) donde afirma que concentraciones mayores a 5 mg/L son las más idóneas para el crecimiento. De la misma manera, Thangal et al., (2021) afirman que aguas acidificadas con valores de pH 6 a 7, demuestran un menor porcentaje de sobrevivencia y crecimiento en cultivos de *Artemia franciscana*, y recomiendan manejar valores aproximados de pH 8.2, coincidiendo con los valores de pH presentados en esta investigación que fueron de 8,0755 a 8,0785.

La salinidad fue otro parámetro fundamental que se estandarizó a valores levemente inferiores a los que Mejía et al., (2021) mencionan, ellos destacan que salinidades de entre 32 a 65 ups son los ideales en el cultivo de la *Artemia franciscana*, los valores obtenidos en la presente investigación fueron de 28,6469 a 28,6499 ups.

**Tabla 11.** Parámetros físico-químicos del agua durante el cultivo de *Artemia franciscana*.

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Oxígeno (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Salinidad (ups)</b>
<b>Diatomeas</b>	28,0240 ±0,09727	6,2863±0,18719	8,0785±0,01626	28,6489±0,03294
<b>Cianofitas</b>	28,0152±0,09909	6,2857±0,18015	8,0774±0,01447	28,6469±0,02734
<b>Diatomeas+Cianofitas</b>	28,0214±0,10075	6,2646±0,17824	8,0755±0,01411	28,6499±0,03031

Fuente: Elaborado por autor

## 4.2 DISCUSIÓN

De acuerdo con Sainz et al., (2022), dan a conocer que cultivando artemias a salinidades de 35,5 a 38,3 g/L y valores de oxígeno disuelto de 4,78 a 6, fueron alimentadas con dietas a base de *Chaetoceros gracillis*, los resultados de crecimiento muestran que el comportamiento fue similar en todos los tratamientos y la sobrevivencia resultó muy baja con 30%. De igual manera, los resultados de la presente investigación reflejan que los valores de aumento de talla no variaron. Existe una diferencia considerable en los valores de sobrevivencia obtenidos por los autores fue de 30%, mientras que en la presente investigación se obtuvo una media de sobrevivencia mayor de 87%.

Desde el punto de vista de López (2023), indica que en su investigación utilizaron microplacas de 96 y 48 pocillos con tapa, donde se utilizaron volúmenes de 80 y 160  $\mu$ L respectivamente, con el objetivo de medir la toxicidad de cianobacterias en nauplios de *Artemia franciscana*, se colocaron 10 nauplios por pozo para ser sometidos a concentraciones (298, 299 y 300  $\mu$ g/ml) de la cianobacteria *Arthrospira maxima*, dando como resultados de sobrevivencia alrededor de 95%. El valor de sobrevivencia de T2 (*Spirulina sp*) en la presente investigación fue de 63,64%, concluyendo que la *Spirulina sp* es una especie no tóxica para las artemias.

En el estudio realizado por Garcia & Concepcion (2019), proponen una evaluación de microalgas *Schizochytrium sp* y *Chaetoceros sp*. como dieta para producir *A. franciscana*, el sistema experimental duró 9 días y consistió en garrafones de polietileno de 19 L con iluminación de 1.000 lux, contaban con filtros de 5 $\mu$ m y 1 $\mu$ m en el paso de aire, los tratamientos se establecieron de manera monoalgal (LPU-1)(LPU-2) y en mezclas (LPU-3), en cada uno se sembraron 1.000 nauplios en un volumen de 10 L, cada día se realizaban muestreos de 10 artemias para registrar el aumento en longitud, la medición se la realizó desde el margen anterior de la cabeza hasta la base

de la furca caudal, la densidad de microalgas que se manejo fue de 80,000 cel mL<sup>-1</sup>. Los resultados descritos dictaminan que la sobrevivencia para el tratamiento de *Schizochytrium sp.* (LPU-1) fue de 81% y para *Chaetoceros sp.* (LPU-2) fue de 98% y se evidenció que solo los organismos que fueron alimentados con LPU-2 alcanzaron la madurez sexual. Ratificando con la presente investigación que la *Artemia franciscana* alimentada con estas especies alcanza su madurez en 8 a 9 días.

Bajo este esquema Gomez (2023), mencionó que su investigación consistió en evaluar el contenido de proteínas del microcrustáceo *Artemia sp.* alimentado con especies de microalgas *Arthrospira platensis*, *Chlorella vulgaris* y *Nannochloropsis oculata*. De las tres dietas probadas, la que demostró la mayor cantidad de proteína absorbida por *Artemia sp.* fue la microalga *Chlorella vulgaris* la que presentó 59,0% de proteína extraída, seguida de *Nannochloropsis oculata* 58,8% y finalmente *Arthrospira platensis* con 52,8%. Mientras que los resultados en la presente investigación evidencian que el porcentaje mayor fue con *Spirulina sp* con 63,27%, la combinación de *Chaetoceros sp* con *Spirulina sp* fue de 62,27% y el porcentaje más bajo fue el de *Chaetoceros sp* con 59,80%.

De acuerdo con Maldonado & Rodriguez (2005), se refieren a que sostuvieron una densidad de siembra de 10 nauplios de artemia por ml en un volumen de 1.5 litros y su alimentación fue dividida dependiendo de los días de cultivo de los organismos, la dieta consistió en seis días alimentadas con salvado de arroz y posteriormente hasta el día 15 con *Tetraselmis suecica*, los resultados obtenidos muestran que la longitud media de las artemias fue de 5,34 mm y la sobrevivencia del 79%, los autores afirman que la artemia necesita una alta cantidad de carbohidratos para su crecimiento en los primeros días y el salvado de arroz es una fuente abundante de carbohidratos, además se obtuvo valores de biomasa 15.72 g/l de peso húmedo

(0,00198 g por Artemia). Mientras que, en la presente investigación la biomasa mas alta se registro en 6,58 g de biomasa húmeda (0,00814 g por artemia), la longitud mayor a los 8 días de cultivo fue de 12,27 mm y la sobrevivencia más alta fue de 87%, valores que se destacan por ser más convenientes al momento de producir *Artemia franciscana*.

Cueva Antonio & Zambrano Diana (2023), mencionan que en su investigación evaluó el efecto de diferentes dietas de microalgas sobre la producción de biomasa de *Artemia franciscana*, el volumen del cultivo fue de 4 litros de agua tratada y desinfectada, plantearon 3 tratamientos (100% *Tetraselmis sp.*, 100% *Thalassiosira sp.* y 50% *Tetraselmis sp* – 50% *Thalassiosira sp.*) con densidad algal de 100.000 células/ml y con una población de 800 nauplios de artemia por tratamiento, donde obtuvieron una media de crecimiento de 5,38 mm, una sobrevivencia alrededor de 95,47% en promedio y el valor de biomasa en peso seco mas representativo fue de 1.16 gramos. En comparación con la presente investigación, la sobrevivencia más alta fue de 87% con los *Chaetoceros sp*, el crecimiento mayor se reflejó en el tratamiento de las mezclas con 12,27 mm y la biomasa se obtuvo en peso húmedo con 6,58 g para el tratamiento de diatomeas.

## CAPITULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

La utilización de microalgas marinas como *Chaetoceros sp* y *Spirulina sp* son una alternativa viable económicamente para realizar cultivos en condiciones de laboratorio o masificacados al aire libre (climas trópicos). En esta investigación, se logró demostrar que el uso de éstas especies de microalgas Diatomeas (T1), Cianofitas (T2) y la mezcla de ambas (T3) son viables en el incremento de longitud de *Artemia franciscana*, no obstante, el crecimiento en milímetros de la mezcla fue superior.

La alimentación monoalgal de *Chaetoceros sp* incrementó el porcentaje de sobrevivencia y el tratamiento que contenía únicamente *Spirulina sp* el porcentaje de sobrevivencia de *Artemia franciscana* fue bajo. Así mismo, la diatomea *Chaetoceros sp* (T1) es una monodieta excelente para obtener un porcentaje alto de biomasa de *Artemia franciscana*. Sin embargo, cabe destacar que la sobrevivencia baja en el tratamiento alimentadas con *Spirulina sp* se debió a su tamaño, el cual no favoreció a la ingesta en el estadio de metanauplio, no así a partir de juveniles y adultos, donde se estabilizó la sobrevivencia.

A través de la recolección de datos del presente estudio, puedo concluir que para cultivos de *Artemia franciscana*, las diatomeas se mostraron como la alternativa más eficiente para producción de los organismos, debido a que su tamaño es ideal para la filtración durante los dos días siguientes de acabarse el saco vitelino. Sin embargo, en los tratamientos que contienen *Spirulina sp* (T2 y T3) los porcentajes de proteína son los más altos, demostrando que la *Artemia franciscana* alimentada con esta especie de microalga es muy importante en la alimentación de reproductores de camarón, ya que en etapa de maduración sus necesidades de proteína aumentan.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe continuar con estudios sobre alimentación de *Artemia franciscana*, probando diferentes concentraciones (células/ml) con microalgas que tengan un perfil de nutrientes importante y que posean tamaño con relación a la abertura bucal de la *Artemia franciscana* en el estadio de metanauplio.
- Se recomienda seguir estudiando sobre la utilización de la *Spirulina sp* para incrementar los niveles de sobrevivencia en *Artemia franciscana*, ya que es una microalga que tiene niveles muy altos de proteína en comparación a otras especies.
- A partir del cuarto día de cultivo, se recomienda realizar recambios de agua del fondo un momento antes de cada alimentación, ya que los desechos de excreta aumentan con el crecimiento del organismo.
- Es importante mantener las condiciones de asepsia y el control de parámetros físico-químicos del agua.
- Probar el efecto con densidades más altas sobre la producción de *Artemia franciscana*, para lograr mayor valores de biomasa.
- Se hace necesario realizar los estudios de proteína de las microalgas antes de ser seleccionadas como alimento.
- Es necesario a futuras investigaciones continuar filtrando o tamizar las *Spirulinas sp* viva para obtener partículas más pequeñas y la alimentación sea adecuada.

## CAPITULO VI

### 6.1 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A. P., Martins, R., & Nunes, J. (2023). Emerging Applications of *Chlorella* sp. and *Spirulina* (*Arthrospira*) sp. *Bioengineering*, 10(8), 955. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10080955>
- Alireza, Rastegar, N., & De Los Ríos, P. (2010). Latin American journal of aquatic research. In *Latin American journal of aquatic research* (Vol. 38, Issue 3). Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-560X2010000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2010000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
- Araujo, G., Silva, J., Cotas, J., & Pereira, L. (2022). Fish farming techniques: Current situation and trends. *Journal of Marine Science and Engineering*, 1598, 10–11.
- Arcanjo, DDR., Albuquerque, ACM., Melo, B., Santana, LCLR., Medeiros, M., & Citó, AMGL. (2012). Bioactivity evaluation against *Artemia salina* Leach of medicinal plants used in Brazilian Northeastern folk medicine. *Brazilian Journal of Biology*, 72(3), 505–509. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000300013>
- Arias, K. (2023). Escalamiento de Cultivo de *Espirulina* (*Arthrospira*) Desde un Reactor Piloto de Laboratorio a Reactor de Producción, en la Vereda el Cucharó, Municipio Pinchote Santander. *Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Tecnologías, Universidad de Santander Trabajo de Grado*, 15–56.
- Asem, A., Eimanifar, A., Li, W., Shen, C. Y., Shikhsarmast, F. M., Dan, Y. T., & Wink, M. (2021). Reanalysis and revision of the complete mitochondrial genome of *Artemia urmiana* Günther. (*Crustacea: Anostraca*). *Diversity*, 13(1), 14.
- Asem, A., Rastegar, N., & De Los Ríos, P. (2011). The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda). I. True and false taxonomical descriptions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(3), 501–506. <https://doi.org/10.3856/vol38-issue3-fulltext-14>
- Bey, E., Hughes, C., Hogg, K., Chance, R., & Petrou, K. (2023). Ocean acidification reduces iodide production by the marine diatom *Chaetoceros* sp. (CCMP 1690). *Marine Chemistry*, 257, 104311. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2023.104311>
- Castro, T., Sandoval, H., Castro, J., De Lara, R., & Castro, G. (2004). Composición del contenido de ácidos grasos en tres poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* de aguas epicontinentales. In *Revista de Biología Tropical* (Vol. 52, Issue 1). Universidad de Costa Rica. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442004000100036&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000100036&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

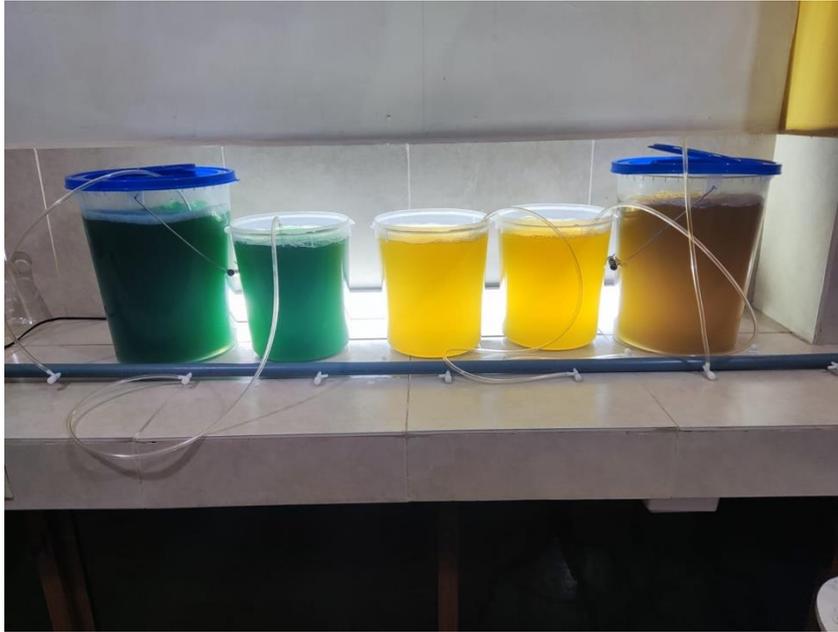
- Cerón Benavides, S. M., Gómez León, J., Imúes Figueroa, M. A., & Santos Acevedo, M. (2021). Inclusion de aceite de linaza en un alimento comercial suministrado a Eugerres plumieri. *Revista Investigación Pecuaria*, 8(1), 117–125. <https://doi.org/10.22267/revip.2181.24>
- Chen, H., Shan, S., Wang, C., Namsaraev, Z., Dubovskiy, I., Zhou, C., Ruan, R., Yan, X., & Cheng, P. (2023). Mixotrophic culture of *Chaetoceros* sp. and its response to circadian rhythm. *Algal Research*, 73, 103119. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103119>
- Cueva Guaranda Antonio Rafael, & Zambrano Maldonado Diana Estefania. (2023). *Producción de biomasa del crustáceo Artemia franciscana (Kellogg, 1906) alimentadas con dietas a base de diatomeas y chlorophytas*. Universidad Técnica de Machala.
- Encinas Arzate, & Jose Jesus. (2021). *Efecto de la limitación de nutrientes en el perfil de ácidos grasos de la microalga Navicula incerta y su potencial uso biotecnológico como biocombustible*. Universidad de Sonora. Campus Hermosillo.
- Fernández, A., Alvítez, E., & Rodríguez, E. (2019). Taxonomía e importancia de “spirulina” *Arthrospira jenniferi* (Cyanophyceae: Oscillatoriaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 1091–1104. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26316>
- García, G., Álvarez, A., & Yáñez, D. (2023). Efecto agronómico y productivo de la biofertilización a base de microalgas *Chaetoceros gracilis* y *Chlorella vulgaris* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Pueblo Viejo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 43–51. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.699>
- Garcia, M., & Concepcion, M. (2019). *Evaluación de microalgas endémicas para el cultivo y enriquecimiento de presas vivas y su aplicación en la primera alimentación de *Seriola rivoliana** [Doctoral Thesis].
- Gaspar Reyes, Wilmer Velásquez, Alexander Cabrera, Ruth Huamán, & Gheraldine. (2021). Manual para la producción de *Artemia franciscana* como alimento para larvas y juveniles de peces. *IMARPE*, 48(1), 35–49.
- Geng, R., Tang, C., & Xing, Q. (2023). The Red Tide Organism *Chaetoceros* sp. Responding to Exposure to Oil and Dispersant. *Sustainability*, 15(2), 1103. <https://doi.org/10.3390/su15021103>
- Ghomari, M. , & A. F. (2020). Estudio de la biometría y los parámetros de eclosión de quistes de *Artemia* recogidos en diferentes salinas de Argelia. . *AquaTIC*, 56, 1–14.
- Gomez, R. (2023). *Avaliação nutricional de artemia sp. alimentada com diferentes espécies de microalgas*. Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Agrárias departamento de engenharia de pesca curso de graduação em Engenharia de Pesca.
- Joshua, W., Kamarudin, M., Ikhsan, N., Yusoff, F., & Zulperi, Z. (2022). Development of enriched *Artemia* and *Moina* in larviculture of fish and crustaceans: a review. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 50(2), 144–157. <https://doi.org/10.3856/vol50-issue2-fulltext-2840>

- Leticia, G., Maldonado, T., & Carrillo, L. (2006). Revista de biología tropical. In *Revista de Biología Tropical* (Vol. 54, Issue 4). Universidad de Costa Rica. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442006000400025&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000400025&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Lois, M., Carrizo, P., Lopez, S., & Viscarret, M. (2022). Evaluation of *Artemia* sp. (Branchiopoda, Artemiidae) as an alternative prey for laboratory rearing of *Tupiocoris cucurbitaceus* (Hemiptera: Miridae), a predator of horticultural pests. *AgriScientia*, 39(1), 83–92. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v39.n1.32990>
- López, G. (2023). *Evaluación del crecimiento y composición bioquímica de cianobacterias como alternativas nutricionales para humanos*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- MacRae, T. H. (2016). Stress tolerance during diapause and quiescence of the brine shrimp, *Artemia*. *Cell Stress and Chaperones*, 21(1), 9–18. <https://doi.org/10.1007/s12192-015-0635-7>
- Madkour, K., Dawood, M., Sorgelos, P., & Sewilam, H. (2023). Effects of desalination brine on the fecundity of brine shrimp *Artemia franciscana* fed on rice bran. *Annals of Animal Science*, 23(3), 869–875. <https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0033>
- Maldonado, T., & Rodriguez, L. (2005). Biomass production and nutritional value of *Artemia* sp. (Anostraca: Artemiidae) in Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(3–4), 447–454.
- Malpartida Y., R., Aldana F., L., Sánchez S., K., Gómez H., L., & Lobo P., J. (2022). El valor nutricional y compuestos bioactivos de la Espirulina: Potencial suplemento alimenticio. *Ecuadorian Science Journal*, 6(1), 42–51. <https://doi.org/10.46480/esj.6.1.133>
- Mejía, C. A. O., Mora, W. G. G., Cordero, P. Q., & López, L. J. Q. (2021). Efecto de la combinación de alimento artificial y biomasa de artemia sp en cría intensiva de postlarvas de *litopenaeus vannamei*. *Dominio de Las Ciencias*, 7(2), 1167–1189.
- Millán-Almaraz, M. I., Nieves-Soto, M., López-Peraza, D. J., Peraza-Yee, M. M., Millán-Almaraz, M. I., Nieves-Soto, M., López-Peraza, D. J., & Peraza-Yee, M. M. (2021). Effect of light and feed density on ingestion rate, protein and lipid content of *Artemia franciscana* juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(5), 717–724. <https://doi.org/10.3856/vol49-issue5-fulltext-2695>
- Montoya, C., & Acosta, A. (2021). Crecimiento de *Tetraselmis* sp. Empleando fertilizante como medio de cultivo. *Revista ION*, 34(2). <https://doi.org/10.18273/revion.v34n2-2021005>
- Murphy, T. P., Lean, D. R. S., & Nalewajko, C. (1976). Blue-Green Algae: Their Excretion of Iron-Selective Chelators Enables Them to Dominate Other Algae. *Science*, 192(4242), 900–902. <https://doi.org/10.1126/science.818707>

- Nurko, E. (2023). Geleceğin Gıdaları İçin Mikroalgler: Spirulina sp. ve Chlorella sp. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(3), 1655–1665. <https://doi.org/10.29130/dubited.1146266>
- Paz, P., López, A., Cárdenas, L., & Pejuán, W. (2020). Replacement of Artemia spp. with zooplankton in Penaeus vannamei larviculture. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(4), 700–704. <https://doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2462>
- Rahman, M., & Sorgeloos, P. (2022). A Training Manual on Artemia Cyst Hatching and Decapsulation. *WorldFish*, 9–32.
- Rassman, N., Abd Razak, N., Mohamed, R., & Al-Gheethi, A. (2023). Optimization of Microalgae Biomass Yield using Chlorella Sp. and Spirulina Sp. Cultivation in secondary treated wastewater effluent. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1205(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1205/1/012005>
- Roberto Andrés Us Vázquez. (2011). *Efecto de la limitación de Nitrógeno y Fósforo en la producción de lípidos en cultivos de las microalgas verdes Scenedesmus obliquus y Scenedesmus sp.* Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- Rojas, W., Rojas, S., Benites, Santiago., Delfín, D., Cruz, M., Cabanillas, L., Rodríguez, H., & Rebaza, S. (2023). Potential use of pepper waste and microalgae Spirulina sp. for bioelectricity generation. *Energy Reports*, 9, 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.007>
- Sainz-Escudero, L., Karen López-Estrada, E., Rodríguez-Flores, P. C., & García-París, M. (2022a). Brine shrimps adrift: historical species turnover in Western Mediterranean Artemia (Anostraca). *Biological Invasions*, 24(8), 2477–2498. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02779-6>
- Sainz-Escudero, L., Karen López-Estrada, E., Rodríguez-Flores, P. C., & García-París, M. (2022b). Brine shrimps adrift: historical species turnover in Western Mediterranean Artemia (Anostraca). *Biological Invasions*, 24(8), 2477–2498. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02779-6>
- Septiani, N., Amir, S., & Mukhlis, A. (2023). The effect of the interval time immersion in the natural feed tank of chaetoceros simplex on growth and survival rate of pearl oyster (pinctada maxima). *Journal of Fish Health*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.29303/jfh.v3i1.2117>
- Thangal, S. H., Nivetha, M., Muttharasi, C., Anandhan, K., & Muralisankar, T. (2021). Effects of acidified seawater on biological and physiological responses of Artemia franciscana. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112476. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112476>
- Thi Ngoc Anh, N., Thanh Toi, H., & Van Hoa, N. (2023). Evaluating Artemia biomass and gut weed (Ulva intestinalis) meal as a dietary protein source for black tiger shrimp (Penaeus monodon) postlarvae. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 49(1), 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2022.11.003>

- Tizol, R., & Díaz, D. (1996). Boletín de investigaciones marinas y costeras. In *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR* (Vol. 26, Issue 1). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andreis.” [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-97611997000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97611997000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Villegas Soto, P. J. (2022). *Estudio de factibilidad para la puesta en marcha de una planta productora y comercializadora de Artemia Franciscana en la Laguna de San Camilo (Arequipa-Perú)*.
- Wang, Y.-Y., Liang, X.-F., He, S., Tang, S.-L., & Peng, D. (2022). The potential use of Artemia for larval rearing of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*). *Aquaculture Reports*, 25, 101216. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101216>
- Wu, W., Xu, L., Yan, Z., Bi, N., Cheng, C., Yang, F., Yang, W., & Yang, J. (2023). Identification and characterization of the Doublesex gene and its mRNA isoforms in the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Biochemical Journal*, 480(5), 385–401. <https://doi.org/10.1042/BCJ20220495>
- Zheng, B., & Sun, S. (2023). Morphology and biometry of two Chinese diploid parthenogenetic *Artemia* populations with a special emphasis on the gonopods and frontal knobs of rare males. *Zoologischer Anzeiger*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2023.02.001>

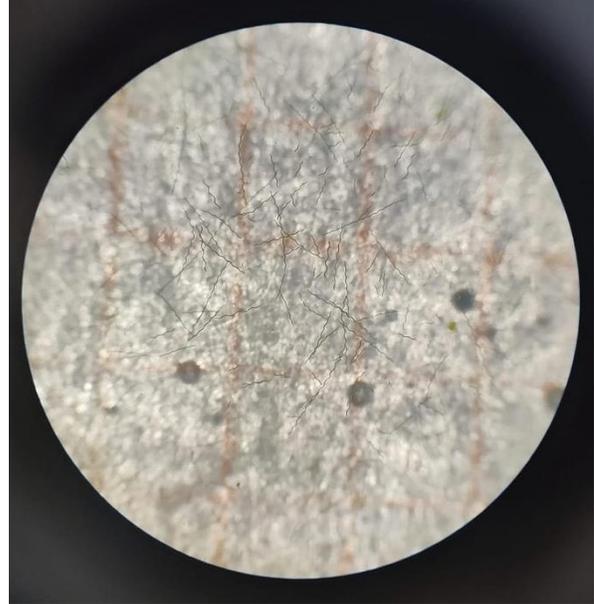
## 6.2 ANEXOS



**Figura 1.** Cultivo de microalgas para alimentación de la *Artemia franciscana*



**Figura 3.** Juvenil del tratamiento 100% *Spirulina sp*



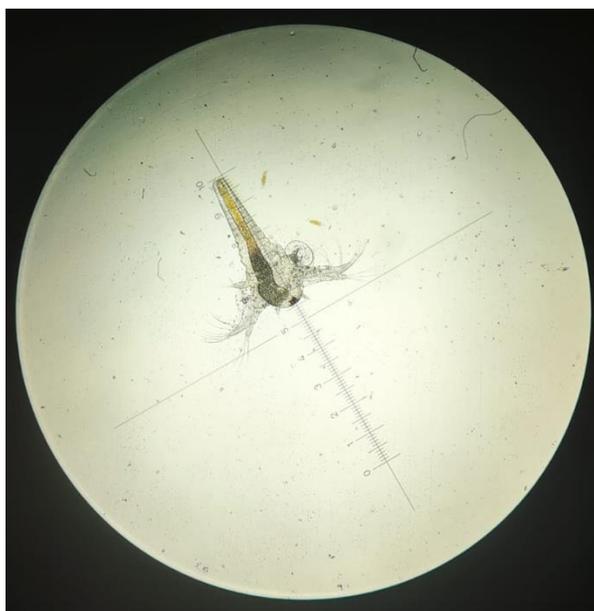
**Figura 2.** Conteo celular de *Spirulina sp* en cámara Sedgwick Rafter.



**Figura 5.** Toma de parámetros físico-químicos del agua.



**Figura 4.** Conteo manual de sobrevivencia de *Artemia franciscana*



*Figura 6* Medición de un ejemplar de metanauplio de *Artemia franciscana*



*Figura 7* Ubicación de las unidades experimentales