

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

Efecto de la luz y salinidad sobre la eficiencia y porcentaje de eclosión de  
tres calidades de *Artemia* sp.

VIDA - 354

**Proyecto Integrador**

Previo a la obtención del Título de:

**Ingeniero Acuícola**

**Presentado por:**

Ethan Joel Hagó Zambrano

Guayaquil – Ecuador

2024

## **Dedicatoria**

---

Con gran amor le dedico este trabajo...

A mi familia, pero especialmente a mis padres, Segundo y Liliana por su amor, sacrificio y apoyo constante, que me han permitido alcanzar mis metas. Su Fe y confianza en mí fueron mi mayor fuente de motivación y superación.

A mis amigos y colegas, por su compañía, y los invaluable momentos que hicieron de este proceso una experiencia inolvidable.

A todos los profesores que estuvieron dispuestos a enseñarme y guiarme de la mejor manera para lograr mi desarrollo profesional.

Ethan Joel Hagó Zambrano

## Agradecimientos

---

Mi más sincero agradecimiento...

A mi tutor de tesis, Dr. Jerry Landívar, por su orientación, paciencia y valiosos consejos a lo largo de todo este proceso.

A la Dra. Alba Calles y M.Sc Sonia Guartatanga, su dedicación y experiencia fueron de mucha ayuda para la culminación exitosa de este trabajo.

Agradezco también a la ESPOL por brindarme las facilidades necesarias para realizar este trabajo.

A mis compañeros Kenneth García y Bryan Tomalá que siempre estuvieron dispuestos a colaborar y ofrecer su ayuda.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia, especialmente a mis padres, su apoyo ha sido el pilar fundamental que me ha permitido alcanzar esta meta.

A todos ustedes, muchas gracias.

Ethan Joel Hagó Zambrano.

## Declaración Expresa

---

Yo **Ethan Joel Hagó Zambrano** acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 30 de septiembre del 2024.



---

Ethan Joel Hagó  
Zambrano

## **Evaluadores**

---

**Dra. Alba Calles P.**

Profesora de Materia Integradora

---

**Dr. Jerry Landívar Z.**

Tutor de Proyecto Integrador

## Resumen

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar los resultados de eclosión de quistes de Artemia de diferentes calidades (A, B y C) bajo distintas condiciones de salinidad (30, 20 y 10 ppt) e intensidad de luz (0, 1000, 2000 y 3000 lux). Este estudio surge ante la variabilidad en los resultados de eclosión poco fiables, afectando a la productividad del laboratorio. Se sembraron 5 gramos de quistes de Artemia por litro de agua en todas las unidades, realizando muestreos cada 6 horas. Para analizar los resultados, se utilizaron pruebas estadísticas como Spearman, Regresión Lineal, ANOVA y Post-Hoc, lo que permitió evaluar correctamente las variables e identificar diferencias significativas y su efecto en los resultados de eclosión. Los análisis estadísticos revelaron que la calidad A presentó los mejores resultados de eclosión a las 24 y 30 horas, confirmando su superioridad a un costo más elevado. La calidad C, a pesar de ser la menos costosa, superó a la calidad B a las 30 horas. La calidad B, demostró ser la menos eficiente en comparación con las otras calidades evaluadas.

Por otro lado, las mejores condiciones de eclosión se obtuvieron a 20 y 10 ppt de salinidad no presentando diferencias entre sí, y 2000 lux en el caso de la intensidad de luz, lo que sugiere que la combinación de estas condiciones optimiza el proceso de eclosión. En conclusión, las condiciones de eclosión y la calidad de los quistes de Artemia, son factores críticos para maximizar los resultados de eclosión en laboratorios de larvas. Este estudio resalta la importancia de seleccionar adecuadamente la calidad de los quistes y seguir protocolos de eclosión estrictos para asegurar resultados consistentes y viables.

**Palabras clave:** Artemia, quistes, calidad, eclosión, salinidad, intensidad de luz, efecto, ANOVA, correlación.



## Abstract

The present study was conducted with the objective of evaluating the hatching results of *Artemia* cysts from different qualities (A, B, and C) under varying conditions of salinity (30, 20, and 10 ppt) and light intensity (0, 1000, 2000, and 3000 lux). This study arose from the variability in unreliable hatching results, affecting the laboratory's productivity. Five grams of *Artemia* cysts per liter of water were incubated in all units, with samples taken every 6 hours for 30 hours. To analyze the results, statistical tests such as Spearman, Linear Regression, ANOVA, and Post-Hoc were used, allowing for a thorough evaluation of the variables and identification of significant differences and their effect on hatching results. Statistical analyses revealed that quality A showed the best hatching results at 24 and 30 hours, confirming its superiority at a higher cost. Quality C, despite being the least expensive, outperformed quality B at 30 hours, suggesting good performance under specific time conditions. Quality B, with an intermediate price, proved to be the least efficient compared to the other qualities evaluated. On the other hand, the best hatching conditions were obtained at 20 and 10 ppt salinity, with no significant differences between them, and 2000 lux for light intensity, indicating that the combination of these conditions optimizes the hatching process. In conclusion, hatching conditions and *Artemia* cyst quality are critical factors for maximizing hatching results in larval laboratories. This study highlights the importance of adequately selecting cyst quality and following strict hatching protocols to ensure consistent and economically viable results.

**Keywords:** *Artemia*, cysts, quality, hatching, salinity, light intensity, effects, ANOVA, correlation.



# Índice

Resumen .....	6
Abstract .....	8
Simbologías .....	13
Índice de tablas .....	14
Índice de figuras .....	14
Capítulo 1 17	
1.1. Introducción .....	18
1.2. Descripción del problema .....	21
1.3. Justificación del problema .....	22
1.4. Objetivos .....	23
1.4.1. Objetivo general .....	23
1.4.2. Objetivos específicos .....	23
1.5 Marco Teórico .....	24
1.5.1 Alimento vivo vs alimento inerte .....	24
1.5.2 Generalidades de <i>Artemia</i> sp. ....	26
1.5.3 Ciclo de vida de la artemia .....	27
1.5.3 Nutrición .....	29
1.5.4 Aportes Nutricionales .....	29
1.5.5 Condiciones de eclosión de quistes .....	31

Capítulo 2 .....	32
2. Metodología .....	33
2.1 Selección de quistes .....	33
2.2 Variables.....	33
2.2.1 Variables categóricas .....	33
2.2.2 Variables independientes .....	33
2.2.3 Variables dependientes .....	34
2.3 Diseño experimental .....	34
2.4 Procedimiento experimental .....	35
2.4.1 Sistema de eclosión .....	35
2.4.2 Sistema de aireación.....	35
2.4.3 Diseño de tapa .....	36
2.4.4 Preparación de sistema para estudio 1 (Salinidad).....	38
2.4.5 Preparación de unidades experimentales con tratamientos .....	40
2.4.6 Preparación de sistema estudio 2 (intensidad de luz).....	41
2.5 Cálculo de concentración de quistes para ambos estudios.....	43
2.5.1 Proceso de siembra en el sistema .....	43
2.5.2 Medición de peso en balanza .....	43
2.5.3 Culminación de pesaje .....	43
2.5.4 Siembra de quistes.....	44

2.6	Tiempo .....	45
2.6.1	Estudio 1 (salinidad) .....	46
2.6.2	Estudio 2 (Intensidad de luz).....	46
2.7	Recolección de datos.....	46
2.7.1	Método de observación .....	46
2.8	Conteo de nauplios viables .....	56
Capítulo 3 .....		59
3.1	Análisis de resultados de eclosión .....	60
3.1.1	Pruebas de Hipótesis .....	60
3.1.2	Análisis multivariado .....	60
3.1.3	Análisis de correlación de Spearman (Coeficientes de correlación).....	64
3.1.4	Análisis de regresión lineal (Coeficientes de regresión y estadísticos asociados)	66
3.1.5	ANOVA (SC tipo 1) .....	68
3.1.6	Pruebas Post-Hoc (Análisis de medias) .....	69
3.1.7	Interacciones entre tratamientos (análisis de medias) .....	73
3.2	Análisis de costos en base a los resultados de las pruebas estadísticas .....	74
3.2.1	Análisis de costos del proyecto .....	76
Capítulo 4 .....		78
4.1	Conclusiones.....	79

4.2	Recomendaciones .....	80
	Referencias.....	82

## Simbologías

g	Gramos
mL	Mililitro
L	Litro
°C	Grados Celsius
ppt	Partes por mil
lux	Lumen por metro cuadrado
pH	Potencial de Hidrógeno
%	Porcentaje
\$	Símbolo de dólar

## Índice de tablas

Tabla 1. Alimento vivo.....	25
Tabla 2. Taxonomía de Artemia sp.....	26
Tabla 3. Estadios de Artemia sp.....	28
Tabla 4. Alimento para Artemia .....	29
Tabla 5. Resultados y comparación de estudio de composición nutricional de Artemia sp. ....	30
Tabla 6. Parámetros de calidad de agua más importantes en la eclosión de artemia. ....	31

## Índice de figuras

Figura 1. Diseño experimental E1 .....	34
Figura 2. Diseño experimental E2 .....	34
Figura 3. Cortado de botellas para construcción de sistema experimental .....	35
Figura 4. Sistema experimental inicial con línea de aire conectada .....	36
Figura 5. Diseño inicial de tapa .....	36
Figura 6. Prototipo inicial (tapa blanca) .....	37
Figura 7. Prototipo N2 instalado en el sistema (tapa azul) .....	37
Figura 8. Limpieza de refractómetro .....	38
Figura 9. Calibración de refractómetro .....	38
Figura 10. Baldes de 10 L con tratamientos experimentales .....	39
Figura 11. Verificación de salinidad en los tratamientos (10, 20 y 30 ppt).....	39
Figura 12. Distribución de tratamientos y calidades en el sistema experimental del E1 .....	40
Figura 13. Prueba del sistema (E1).....	40
Figura 14. Focos de 2000 lux instalados en el sistema .....	41

Figura 15. Distribución de tratamientos y calidades en el sistema experimental del E2 .....	41
Figura 16. Prueba del sistema (E2) .....	42
Figura 17. Salinidad del E2 constante (30 ppt).....	42
Figura 18. Pesaje de los quistes previo a la incubación (A, B y C respectivamente) .....	43
Figura 19. Cantidad de quistes necesaria para el sistema .....	44
Figura 20. Sembrado de quistes en el sistema .....	44
Figura 21. Inicio de E1 (salinidad) .....	45
Figura 22. Inicio de E2 (Intensidad de luz).....	45
Figura 23. Extracción de quistes para muestreo .....	47
Figura 24. Muestra de 10 mL de quistes .....	48
Figura 25. Observación de quistes en microscopio .....	48
Figura 26. Extracción de quistes para muestreo 2 .....	50
Figura 27. Dilución y toma de muestra diluida.....	50
Figura 28. Aplicación de contador utilizada. Creador “UniCom Technology” .....	51
Figura 29. Retirado de piedra difusora. ....	51
Figura 30. División cascarones-nauplios-quistes.....	52
Figura 31. Uso de diseño de tapa para separar nauplios-quistes de cascarones .....	53
Figura 32. Precipitación de quistes .....	53
Figura 33. Separación exitosa de cascaron-quistes-nauplios .....	54
Figura 34. Deshidratado de muestras en horno.....	55
Figura 35. Raspado y pesado de la muestra .....	55
Figura 36. Visualización de nauplios viables (1). .....	56
Figura 37. Visualización de nauplios viables (2) .....	57

Figura 38. Análisis multivariado 24h (Salinidad – Calidad).....	61
Figura 39. Análisis multivariado 30h (Salinidad – Calidad).....	61
Figura 40. Análisis multivariado 24 h (Intensidad de luz – Calidad) .....	62
Figura 41. Análisis multivariado 30h (Intensidad de luz – Calidad) .....	63
Figura 42. Correlación de Spearman 24 horas .....	64
Figura 43. Correlación de Spearman 30 horas .....	64
Figura 44. Gráfica de Regresión lineal .....	67
Figura 45. Resultados del Anova sc tipo 1 .....	68
Figura 46. Análisis de medias – Calidad (Variable categórica) .....	69
Figura 47. Análisis de medias – Salinidad (Variable independiente).....	70
Figura 48. Análisis de medias – Intensidad de luz (Variable independiente) .....	71
Figura 49. Interacciones entre Salinidad – Intensidad de Luz .....	73
Figura 50. Costos asociados a la implementación de la metodología.....	76
Figura 51. Costos relacionados a la ejecución del proyecto .....	77



## **Capítulo 1**

## 1.1. Introducción

El cultivo de *Penaeus vannamei* o camarón blanco del pacífico en Ecuador tiene sus inicios en la provincia del Oro, al sur del país en la década de 1960, donde se descubrieron los beneficios de utilizar salitrales para cultivar larvas silvestres de *P. vannamei* en terrenos pequeños, no obstante, esta actividad resultó en una oportunidad de negocio bastante atractiva, y para finales de la década de los 70s ya se contaba aproximadamente con 600 has dedicadas al cultivo de este crustáceo (FAO, 2005). Años más tarde (década 1980 – 1990) del surgimiento de la camaronicultura, la industria camaronera emprendió un proceso de expansión por toda la costa ecuatoriana (180,000 hectáreas), donde la disponibilidad de tierras aptas para el cultivo, características ambientales aptas y abundancia de postlarvas en las zonas sembraron las bases de una industria altamente rentable (Piedrahita, 2018).

En el 2020 el 84% de la producción de *p. vannamei* mundial fue de origen acuícola, mientras que el 16% fue producción pesquera en el pacífico, actualmente se estima que el porcentaje de producción acuícola haya aumentado (FAO, 2018). La adaptación del camarón en cautiverio en el Ecuador ha sido un éxito debido a la ubicación geográfica, la estructura de las costas y las condiciones del clima convirtiéndose así Ecuador en el mayor exportador de camarón blanco del mundo, generando un total de US\$3,823 equivalente a 688 toneladas métricas en el 2020 y mejorando esos números generando US\$ 6,653 millones equivalente a 1060 toneladas métricas en el año 2022 con un incremento del 54% en esos dos años logrando catalogarse en el 2021, como el primer producto no petrolero de exportación (BBC, 2023).

Sin embargo, es importante señalar que el sistema de producción de camarón no solo se trata de “engordar a los camarones” sino que se encuentra dividido en varias fases de las cuales dos son críticas para el desarrollo del cultivo: Larvicultura y Engorde, siendo ambas de suma

importancia, pero teniendo la larvicultura una tarea crucial y determinante para el futuro de la producción, De acuerdo a la asociación de laboratorios productores de larvas de camarón (ASOLAP), actualmente existen un alrededor de 400 laboratorios produciendo (Mar & Tierra, 2024).

Los laboratorios de larvas de Camarón blanco surgieron como respuesta a la creciente demanda global de camarón, ambición por maximizar ganancias, limitaciones ambientales que dificultaban la captura, de calidad asociadas con la captura silvestre; todos estos desafíos que se han presentado a lo largo del tiempo han obligado a la industria a innovar constantemente, desarrollando e implementando nuevas tecnologías y procesos, logrando actualmente generar larvas de alta calidad que contribuyen a un crecimiento rápido y uniforme, una mayor resistencia a enfermedades, mejor aprovechamiento de nutrientes lo que se traduce en una producción eficiente y ganancias (Darryl E, 2017).

El uso de la *Artemia* sp. también conocida como “Crustaceo de salmuera” o en inglés como “Brine shrimp”, comenzó en 1930 empleando sus quistes para alimentar alevines de peces y larvas de crustáceos, poco después se empezó a descubrir el potencial que tiene este alimento vivo para el desarrollo de la larvicultura de camarón (Barrera et al., 2003; Wright, 2017); Fue tanto el éxito de la artemia que en la década de los 50s se estableció como alimento estándar en la acuicultura por sus beneficios nutricionales, sostenibilidad en el proceso, su superioridad ante otros tipos de alimento y sobre todo por la formación de quistes resistentes que pueden conservar su variabilidad durante varios años facilitando así su almacenamiento y disponibilidad (Tacon, 1987).

Debido a que la *Artemia* sp. posee características como su resistencia, tiempo de viabilidad y el pequeño tamaño de nauplio y meta nauplio excelente para larvas y juveniles, se

debe tener en cuenta que los nauplios recién eclosionados tienen un alto valor nutritivo, pero este decae en ausencia de alimento. (Tacón, 1987).

Los laboratorios comerciales que se dedican a la larvicultura enfrentan desafíos en cuanto a la optimización de las condiciones de eclosión para maximizar la eficiencia y el porcentaje de eclosión ya que necesitan mantener el producto disponible para alimentar a las larvas, en algunos casos en busca de mejorar los procesos emplean artemias de diferentes calidades y distintos orígenes, lo cual podría generar variaciones en los resultados de eclosión o desconfianza en la marca que se adquirió, ya que existen muchos factores que pueden afectar en el proceso, lo que tiene una consecuencia directa en la productividad y eficiencia.

De este modo, el presente proyecto titulado "**Determinar los efectos de la luz y salinidad sobre la eficiencia y porcentaje de eclosión de 3 calidades de *Artemia* sp. utilizadas en laboratorio comercial de larvas de camarón blanco**" se centra en explorar y evaluar la influencia de estos factores ambientales críticos, con el fin de contribuir al conocimiento y mejora de las prácticas en los laboratorios y constatar cual es el origen de las variaciones en los resultados de eclosión.

Se espera que este estudio aporte resultados significativos que puedan ser aplicados para mejorar las prácticas en la acuicultura. Específicamente, se espera que se alinee con lo siguiente:

Efectos de la luz y salinidad en procesos de eclosión de las distintas calidades de artemia identificando si existen diferencias significativas.

- Identificación de condiciones óptimas.
- Comparación de distintas calidades de artemia.
- Mejorar la disponibilidad de artemia y menos desperdicio.
- Mejora en las practicas dentro del laboratorio.

- Reducir costos operativos.

## **1.2. Descripción del problema**

En los laboratorios es necesario contar con personal capacitado, protocolos adecuados y disponibilidad de alimento de calidad; por ese motivo los quistes de artemia son vendidos como alimento vivo predilecto en los laboratorios. Actualmente existe un gran número de marcas de quistes que se comercializan en Ecuador, por lo cual es complicado determinar cuál es la ideal; el mercado es tan extenso que se pueden adquirir quistes de Artemia de distintas especies, diferentes cepas, calidades y precios, lo que repercutirá en los resultados de eclosión y valores nutricionales (Acosta Espinosa, 2016; FAO & Aquaculture, 2011).

Algunos laboratorios presentan problemas en cuanto eclosión, encontrando así inconsistencias, principalmente en la eficiencia de eclosión esperada de los quistes con respecto a la calidad que se adquirió, teniendo influencia directa en el porcentaje y tiempo de eclosión; Sin embargo se observó en otras ocasiones que quistes etiquetados con menor calidad, lograban mejores resultados, mostrando mejores tiempos en comparación a las de mayor calidad, no obstante el valor nutricional de las de menor calidad no se iguala a las de mayor calidad.

La variabilidad en los resultados de eclosión de los quistes, se le puede atribuir también a las diferencias genéticas entre las poblaciones, factores climáticos y fisicoquímicos que estén ocurriendo, e incluso se vincula a la falta de rigurosidad en los procesos tales como: preparación inadecuada del medio de eclosión, mal manejo de quistes antes y durante la eclosión, ausencia de protocolos estandarizados en la eclosión y monitoreo precario sobre el procedimiento (Léger et al., 1986; Sorgeloos et al., 1980), siendo confirmado por (Torretera-Blanco, 1993), en su estudio en donde determinó que la inactividad o diapausa en los quistes es en parte influenciada

por los procesos de hidratación de los quistes en sus hábitats naturales, si esto ocurre, es probable que los quistes gasten más energía de sus reservas en intentos de eclosión fallidos.

Realizar las eclosiones con éxito, asegura un suministro constante y necesario de alimento vivo, reduce pérdidas, evita el desperdicio del producto, ahorra tiempo, y mejora la productividad del laboratorio de larvas, lo que se traduce en mayor capacidad de producción permitiendo al laboratorio generar mayores ganancias, fortalecer la competitividad, ofrecer productos de la mejor calidad y optimizar las eclosiones.

### **1.3. Justificación del problema**

La industria camaronera es un pilar fundamental para la economía ecuatoriana, contribuyendo significativamente al PIB y proporcionando empleo digno a miles de ecuatorianos. Ecuador es considerado uno de los productores y exportadores de camarón más grande a nivel mundial incluso siendo conocido como “El mejor camarón del mundo” (El Universo, 2022).

La calidad de las postlarvas se puede ver fuertemente influenciada por la calidad del alimento vivo que se le suministró; por eso es importante señalar que el manejo de los quistes durante la eclosión puede limitar su disponibilidad durante el cultivo; se conoce que las tasas de eclosión disminuyen cuando los quistes son de baja calidad, lo que significa que se necesitan más quistes y, en ocasiones repetir el proceso de eclosión para poder cumplir con las necesidades nutricionales de las larvas, así mismo, la mala praxis durante la eclosión puede generar irregularidades en los resultados pudiendo desarrollar desconfianza hacia la marca. Ambos factores no solo aumentan los costos operativos por el gasto extra de agua y energía. Según Rodríguez-Canché et al. (2006), la inconsistencia en la eclosión de artemia puede causar, baja disponibilidad de alimento, no llegar a las metas de tallas deseadas generando retrasos en la

entrega, pérdida de clientes, y una reputación dañada, impactando la competitividad y sostenibilidad de los laboratorios.

Es necesario determinar si las irregulares observadas en los resultados de eclosión y calidad de los quistes están ocurriendo por: **a)** incongruencia en eclosiones con respecto a la calidad de la artemia o **b)** falta de rigurosidad en el proceso, no cumpliendo con las condiciones de eclosión. Para mantener el crecimiento de esta industria, se sugiere mejorar la selección y control de calidad de los quistes, implementar mejores controles tanto de calidad como de los procesos, trabajar con proveedores confiables, y establecer sistemas de monitoreo continuo son medidas claves para obtener un producto de calidad, lo que a su vez contribuiría al desarrollo económico y la prosperidad de la industria camaronera en la nación.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar los efectos de la luz y salinidad sobre el porcentaje y eficiencia de eclosión de tres calidades de *Artemia* sp. utilizadas en laboratorio comercial de larvas de camarón blanco.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de 3.000, 2.000, 1000 y 0 lux en porcentaje y eficiencia de eclosión de 3 quistes de Artemia comerciales: A, B y C.
- Evaluar 3 concentraciones diferentes de salinidad (30, 20 y 10 ppt) y su influencia en el porcentaje y eficiencia de eclosión en quistes de Artemia comerciales: A, B y C.
- Identificar si la variación en resultados de eclosión se debe a la calidad del producto o al mal manejo del laboratorio durante los procesos de eclosión.

## **1.5 Marco Teórico**

### **1.5.1 Alimento vivo vs alimento inerte.**

Es evidente que las dietas de alimento vivo mantienen una participación constante, siendo parte integral en la producción de larvas, presentando superioridad y preferencia por sobre el alimento inerte (Alimento de menor aporte nutricional); este tipo de alimento es bastante atractivo debido a la variedad y disponibilidad de productos de distintas calidades, los cuales se ajustan a las distintas necesidades alimenticias de organismos acuícolas en etapa larval; Hoy en día existe la posibilidad de enriquecer estos organismos (ácidos grasos, vitaminas, minerales, antioxidantes, probióticos, etc...) para que al ser consumidos promuevan un mejor crecimiento asimilando mejor el alimento, mejorando la tolerabilidad ante eventos (ej. Enfermedades, contaminación, cambios bruscos y déficit en las condiciones), mayor supervivencia, entre otros beneficios (Castro, 1993; Sánchez-Estudillo, 2011).

A continuación, se muestra una tabla que enlista los alimentos vivos más utilizados en la larvicultura de especies acuáticas:



**Tabla 1.**

*Alimento vivo*

<b>Fitoplancton</b>
<i>Chaetoceros sp.</i>
<i>Tetraselmis sp.</i>
<i>Isochrysis sp.</i>
<i>Nannochloropsis sp.</i>
<i>Skeletonema sp.</i>
<i>Thalassiosira sp.</i>
<i>Pavlova sp.</i>
<i>Chlorella sp.</i>
<b>Zooplancton</b>
<i>Artemia sp.</i> (Umbrella, Nauplios y Metanauplios enriquecidos)
<i>Rotiferos sp.</i>
<i>Copepodos sp.</i> (Nauplios)
<i>Mysis sp.</i>
<i>Daphnia sp.</i>

**Nota.** Datos tomados de la FAO (1989)

Estos organismos plantónicos varían en tamaño, contenido nutricional y dificultad de cultivo. Los organismos más empleados para alimentar larvas exceptuando las microalgas, son principalmente *Artemia sp.* y *Rotiferos sp.* especialmente por su tamaño y altos aportes nutricionales. Los *Copepodos sp.* y *Mysis sp.* también son valiosos, pero pueden ser más difíciles de cultivar en grandes cantidades por lo que no son tan comunes. La *Daphnia sp.* y otros organismos se han dejado de usar debido a que los productores prefieren utilizar organismos que sean más eficientes, fáciles de manejar y que fomenten la productividad (Venkateswarlu et al., 2019; Zimmermann & Jost, 1998).

A pesar de los intentos de sustituir el alimento vivo por dietas artificiales, los acuicultores dependen aún de la producción y uso del alimento vivo en sus laboratorios, esto se debe a que las dietas artificiales (Actualmente conocidas como microdietas) no logran cumplir con las

necesidades nutricionales a las larvas o no presenta las características adecuadas para ellas en cuanto a la palatabilidad, textura, tamaño, color, etc (Blair et al., 2003). En un estudio más actual realizado por (Giebichenstein et al., 2022), se comparó la implementación de 4 micro dietas comerciales con una a base de nauplios de artemia en el proceso de deteste, resultando la dieta de artemia con mejor rendimiento, obteniendo mayor supervivencia, crecimiento ininterrumpido y menor abundancia de deformidades; resaltando la importancia del alimento vivo en larvicultura aun en la actualidad. Otros estudios sugieren que la combinación entre microdietas y alimento vivo, puede arrojar mejores resultados en la producción (Martínez-Angeles et al., 2022).

### 1.5.2 Generalidades de *Artemia* sp.

La artemia/ crustáceo de salmuera/ sea monkey/ brine shrimp son los nombres con las que se conoce al crustáceo que habita en ambientes hipersalinos o que sufren cambios de salinidad, tiene la capacidad de sobrevivir a condiciones extremas debido a su alta resistencia y sus características fisiológicas únicas, su adaptabilidad a estos hábitats le permite evitar la depredación y competencia por espacios con otras especies acuáticas, ya que muchas especies no pueden sobrevivir a ambientes extremos, otro aspecto destacable es la importancia que tiene este crustáceo para la larvicultura (Stappen et al., 2024).

#### Tabla 2.

*Taxonomía de Artemia sp.*

<b>Phylum</b>	<b>Arthropoda</b>
<b>Clase</b>	Crustácea
<b>Subclase</b>	Branchipoda
<b>Orden</b>	Anostraca
<b>Familia</b>	Artemiidae
<b>Género</b>	<i>Artemia</i>

*Nota.* Datos tomados de Stappen et al. (2024)

El género *Artemia* tiene algunas especies, los cuales se diferencian por sus características morfológicas, ecología, y sus reacciones a distintos parámetros, teniendo como consiguiente las siguientes especies con uso en la acuicultura.

- *Artemia salina* (Linneaus, 1758)
- *Artemia urmiana* (Gunther, 1990)
- *Artemia sinica* (Cai, 1989)
- *Artemia tibetiana* (Abatzopoulos et al., 1998)
- *Artemia persimilis* (Piccinelli and Prosdocimi, 1968)
- *Artemia franciscana* (Verrill, 1869).
- *Artemia sorgeloosi* (Asem et al., 2023)
- *Artemia amati* (Asem et al., 2023)

(Stappen et al., 2024)

### **1.5.3 Ciclo de vida de la artemia**

El ciclo de vida de la *Artemia* es complejo porque es un organismo que tiene una adaptabilidad enorme para sobrevivir en ambientes hostiles. Los quistes de *Artemia* sp. contienen embriones en estado de latencia que pueden permanecer viables durante varios años deshidratados (quistes), Según estudios de Criel & Macrae (2002), la artemia debe pasar por 17 estadios de desarrollo durante su ciclo de vida:

**Tabla 3.***Estadios de Artemia sp.*

<b>Ciclo de vida de <i>Artemia sp.</i></b>	
<b>Quiste</b>	Estado de Latencia (metabólicamente inactivo)
<b>Nauplio I</b>	Umbrella (Eclosión de nauplio) y fase Instar I
<b>Nauplio II</b>	Instar II
<b>Metanauplio I</b>	Instar III
<b>Metanauplio II</b>	Instar IV
<b>Metanauplio III</b>	Instar V
<b>Metanauplio IV</b>	Instar VI
<b>Metanauplio V</b>	Instar VII
<b>Juvenil I</b>	Instar VIII
<b>Juvenil II</b>	Instar IX
<b>Juvenil III</b>	Instar X
<b>Juvenil IV</b>	Instar XI
<b>Juvenil V</b>	Instar XII
<b>Pre-adulto I</b>	Instar XIII
<b>Pre-adulto II</b>	Instar XIV
<b>Adulto Joven</b>	Instar XV (Alcanza capacidad reproductiva)
<b>Adulto Maduro</b>	Instar XVI

**Nota.** Información tomada de Criel & Macrae (2002)

La calidad de las dietas para las larvas de camarón es de suma importancia para asegurar un crecimiento y salud óptimas ciclo de producción, entregando alimento con buenos perfiles nutricionales, lo cual tiene un impacto directo sobre la calidad de la post -larva y finalmente en la calidad del producto final.

### 1.5.3 Nutrición

La alimentación de la Artemia se basa principalmente en la filtración de pequeñas partículas de alimento como microalgas, bacterias y detritos orgánicos. Sus apéndices torácicos están adaptados para crear corrientes de agua que dirigen las partículas alimenticias hacia su boca. la Artemia es conocida por su capacidad de bioencapsulación en ambientes hipersalinos, lo que permite enriquecer los nauplios con nutrientes específicos como ácidos grasos esenciales, vitaminas y medicamentos, haciendo que sean un alimento aún más valioso en la cría de larvas de especies acuáticas(Tacón, 1987).

#### Tabla 4.

##### *Alimento para Artemia*

<b>Fitoplancton</b>	<i>Chaetoceros, Cyclotella, Phaedactylum, Nitzche, Dunaliella, Chlamydomonas, Chlorella, Platymonas, Stichococcus, Steohanoptera, Brachiomonas, tetraselmis, Isochrysis, Monochrysis, Stichochrysis, Syracosphaera, e incluso cianobacterias como la espirulina</i>
<b>Bacterias</b>	Levaduras
<b>Productos inertes</b>	Harina de trigo, harina de pescado, yema de huevo, hígado homogeneizado, polvo de arroz, salvado de arroz, salvado y harina de soja, leche desnatada.

*Nota.* Información tomada de Sorgeloos et al. (1980)

### 1.5.4 Aportes Nutricionales

En cuanto a datos relevantes acerca del perfil nutricional de las artemias, a continuación, se mostrará una tabla acerca de un estudio y comparación de composición nutricional de la biomasa de artemia (adulta) en distintas ubicaciones geográficas (Maldonado-Montiel & Rodríguez-Canché, 2005).

**Real de Salinas:** Alimentada con arroz y *t.suecica*

**Real de salinas :** Artemia silvestre alimentada naturalmente

**Texcoco:** Alimentada con Espirulina (Castro, 1993)

**San Francisco Bay:** Alimentada con espirulina seca (Léger et al., 1986)

**San francisco Bay:** Alimentada con arroz (Rosinvalli & Simpson, 1987)

**Tabla 5.**

*Resultados y comparación de estudio de composición nutricional de Artemia sp.*

<b>RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE COMPOSICIÓN NUTRICIONAL</b>					
<b>Composición (%)</b>	<b>Real de Salinas</b>	<b>Real de Salinas (Silvestre)</b>	<b>Texcoco, México</b>	<b>San Francisco Bay, USA</b>	<b>San Francisco Bay, USA</b>
<b>Proteína</b>	53.1	50.3	58.4	62.5	13.69
<b>Lípidos</b>	10.6	4	7.2	10.8	6.54
<b>Contenido de mineral (Ash)</b>	15.4	33.9	8.7	19.1	10.77
<b>Fibra</b>	0.32	0.1	2.1	-	-
<b>Carbohidratos (Excepto fibra)</b>	20.5	11.7	21.2	-	60.7

*Nota.* Datos tomados de Maldonado-Montiel & Rodríguez-Canché, 2005

En el estudio se demuestra que existe variabilidad en los perfiles nutricionales de las artemias, lo cual podría ser causa del tipo de alimentación o características de la especie que se está analizando, se debe tener en cuenta que, si no se satisfacen las necesidades nutricionales de las larvas, estas lograrán crecer y desarrollarse como se espera.

Según un análisis realizado por Bengtson et al. (1991), se determinó que las artemias tienen un rango de contenido proteico de 37 – 71 %, pero el porcentaje de proteína irá variando, dependiendo del estadio y dieta suministrada; Según Leticia et al. (2006) los quistes decapsulados cumplen con valores proteicos de aproximadamente 50.5% de proteína.

“El valor nutritivo de los nauplios recién eclosionados es muy alto; este valor decrece en ausencia de alimento” (Tacon, 1987).

### 1.5.5 Condiciones de eclosión de quistes

**Tabla 6.**

*Parámetros de calidad de agua más importantes en la eclosión de artemia.*

<b>Parámetros de calidad de agua</b>	<b>Rango</b>
<b>Temperatura</b>	25 - 30 °C
<b>Salinidad</b>	5 - 35 g/L
<b>pH</b>	> 8
<b>OD (Oxígeno disuelto)</b>	> 2 mg/L
<b>Densidad de quistes</b>	> 5 g/L
<b>Iluminación</b>	Aproximadamente 2000 lux

*Nota.* Datos tomados de Lavens & Sorgeloos et al. (1996).

Los quistes de *Artemia* sp. son una pieza de vital importancia en la larvicultura, esto se debe principalmente a que se trata de un alimento vivo altamente nutritivo para las larvas de diversas especies acuáticas. Estos quistes pueden almacenarse y transportarse fácilmente en estado de latencia (deshidratados), y luego ser eclosionados a medida que avanza el cultivo, entregando nauplios con un buen perfil de proteínas, lípidos y ácidos grasos esenciales, cruciales para el desarrollo y supervivencia de las larvas. (Venkateswarlu et al., 2019).

## **Capítulo 2**



## **2. Metodología**

En este capítulo se describirá la metodología que se usó en el proyecto para alcanzar los objetivos planteados; Esta metodología abarca diseño, selección, preparación, y ejecución del proyecto, el enfoque antes descrito asegura que todos los factores sean considerados y controlados de manera adecuada durante el transcurso del estudio.

### **2.1 Selección de quistes**

Para la selección de quistes de artemia se tomó como criterio las eficiencias (calidades) dadas por los proveedores.

- Quistes de artemia A (Eficiencia alta: 95%)
- Quistes de artemia B (Eficiencia media: 85%)
- Quistes de artemia C (Eficiencia baja: 75%)

### **2.2 Variables**

Para el presente proyecto se eligieron 3 tipos de variables las mismas que se muestran a continuación.

#### **2.2.1 Variables categóricas**

- Calidad A (3)
- Calidad B (2)
- Calidad C (1)

#### **2.2.2 Variables independientes**

- **Salinidad:** 30 (control), 20 y 10 ppt
- **Intensidad de luz:** 3000, 2000 (Control), 1000 y 0 Lux

### 2.2.3 Variables dependientes

- Porcentaje de eclosión (%)
- Eficiencia de eclosión (%)

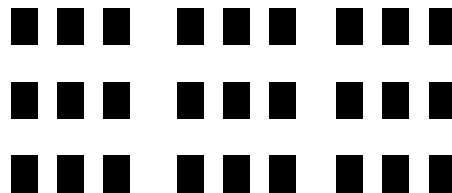
### 2.3 Diseño experimental

**Salinidad:** 27 unidades experimentales

**Intensidad de luz:** 36 unidades experimentales

#### Figura 1.

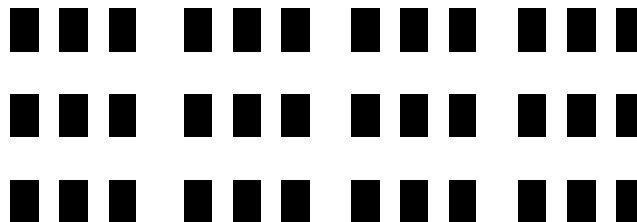
*Diseño experimental E1.*



**Nota.** Diseño experimental experimento 1 salinidad, se utilizaron 3 tratamientos x 3 calidades x 3 réplicas teniendo en su totalidad 27 unidades experimentales.

#### Figura 2.

*Diseño experimental E2.*



**Nota.** Diseño experimental con un nivel de intensidad de luz, se utilizaron 4 tratamientos x 3 calidades x 3 réplicas teniendo en su totalidad 36 unidades experimentales.

## 2.4 Procedimiento experimental

### 2.4.1 Sistema de eclosión

Para el sistema de eclosión se utilizaron botellas plásticas de cuatro litros para cada una de las unidades experimentales.

#### Figura 3.

*Cortado de botellas para construcción de sistema experimental.*



*Nota.* Las botellas deben ser cortadas cuidadosamente para que todas las unidades sean iguales.

### 2.4.2 Sistema de aireación

Para lograr airear las unidades experimentales, se utilizaron sistemas de mangueras y distribuidores de acuario, conectadas a un blower de alta capacidad.

## Figura 4.

*Sistema experimental inicial con línea de aire conectada.*



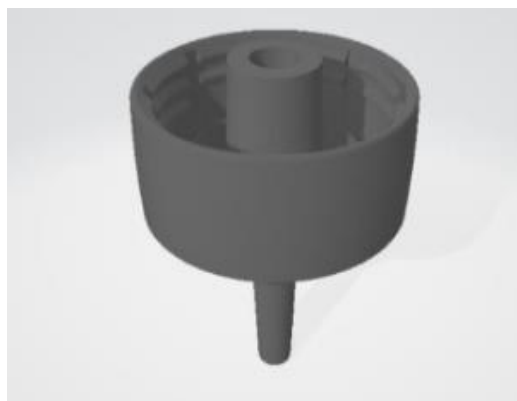
*Nota.* Primeros acercamientos de la estación experimental.

### 2.4.3 Diseño de tapa

Durante la implementación del sistema experimental, como medida de innovación y mejora práctica, se realizó un diseño que pasó el proceso de prototipado, prueba y error, integrando la piedra difusora y la manguera en la base de las botellas, asegurando así mayor contacto superficial y mejor agitación.

## Figura 5.

*Diseño inicial de tapa*



*Nota.* Diseño renderizado en software de impresión 3D – Ultimaker Cura.

**Figura 6.**

*Prototipo inicial (tapa blanca)*



*Nota.* Prototipo inicial, que fue probado por 3 días antes de su mejora.

**Figura 7.**

*Prototipo N2 instalado en el sistema (tapa azul)*



*Nota.* El diseño de tapa azul fue el final siendo más resistente y práctico.

#### 2.4.4 Preparación de sistema para estudio 1 (Salinidad)

Antes de empezar a preparar los tratamientos de salinidad, se calibró el refractómetro con agua destilada.

##### Figura 8.

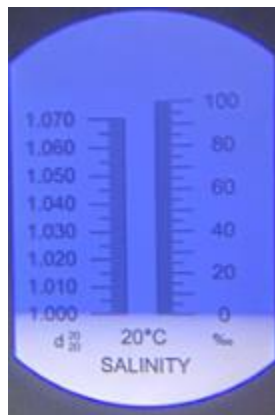
*Limpieza de refractómetro*



*Nota.* El refractómetro se limpió con las fibras que trae el equipo y calibrado con agua destilada.

##### Figura 9.

*Calibración de refractómetro*



*Nota.* Refractómetro marca ATC.

Para la preparación de tratamientos se utilizó sal 100% marina, sin aditivos extras como el yodo o flúor, y se utilizaron baldes de 10 litros para agilizar el proceso, y cada uno se llevó a la concentración deseada (10, 20 y 30 ppt).

**Figura 10.**

*Baldes de 10 L con tratamientos experimentales*



**Nota.** Los baldes fueron limpiados y desinfectados previo a la preparación de tratamientos.

**Figura 11.**

*Verificación de salinidad en los tratamientos (10, 20 y 30 ppt).*



**Nota.** Todos los tratamientos cumplieron con la salinidad establecida.

### 2.4.5 Preparación de unidades experimentales con tratamientos

Para la preparación de las unidades experimentales, se dispuso la siguiente distribución:

**Figura 12.**

*Distribución de tratamientos y calidades en el sistema experimental del E1.*

Salinidad 10 ppt	Salinidad 20 ppt	Salinidad 30 ppt
Calidad A	Calidad A	Calidad A
Calidad B	Calidad B	Calidad B
Calidad C	Calidad C	Calidad C

(Cada fila representa una serie de 3 replicaciones)

*Nota.* Matriz realizada con Inteligencia artificial.

**Figura 13.**

*Prueba del sistema (E1)*



*Nota.* Foto tomada de sistema experimental previo al inicio de experimentación

Cabe recalcar que la variable independiente en el estudio 1, es la salinidad por lo tanto la intensidad de luz, se mantuvo estándar de 2000 lux en el transcurso de la experimentación.



**Figura 14.**

*Focos de 2000 lux instalados en el sistema.*



*Nota.* Focos instalados en pie de amigo.

Para asegurar que se estaba cumpliendo con la intensidad lumínica necesaria, se utilizó un luxómetro, en donde se empleó el factor x10 para tomar la medición.

Otros parámetros que se mantuvieron constantes durante la experimentación están el pH (7-8), la temperatura (27°C) y aireación.

#### 2.4.6 Preparación de sistema estudio 2 (intensidad de luz)

**Figura 15.**

*Distribución de tratamientos y calidades en el sistema experimental del E2.*

Luz 0 lux	Luz 1000 lux	Luz 2000 lux	Luz 3000 lux
Calidad A	Calidad A	Calidad A	Calidad A
Calidad B	Calidad B	Calidad B	Calidad B
Calidad C	Calidad C	Calidad C	Calidad C

(Cada fila representa una serie de 3 replicaciones)

*Nota.* Matriz realizada con Inteligencia artificial.

**Figura 16.**

*Prueba del sistema (E2)*



*Nota.* Foto tomada de sistema experimental previo a inicio de experimentación.

**Figura 17.**

*Salinidad del E2 constante (30 ppt)*



*Nota.* Cabe recalcar que para el estudio 2, solo se varió la intensidad de luz, mientras que la salinidad (30ppt), temperatura (27°C) y pH (7-8), se mantuvieron constantes.

## 2.5 Cálculo de concentración de quistes para ambos estudios

La concentración de quistes en las unidades fue de cinco gramos por litro (Cada tratamiento contará con 1 L de agua)

### 2.5.1 Proceso de siembra en el sistema

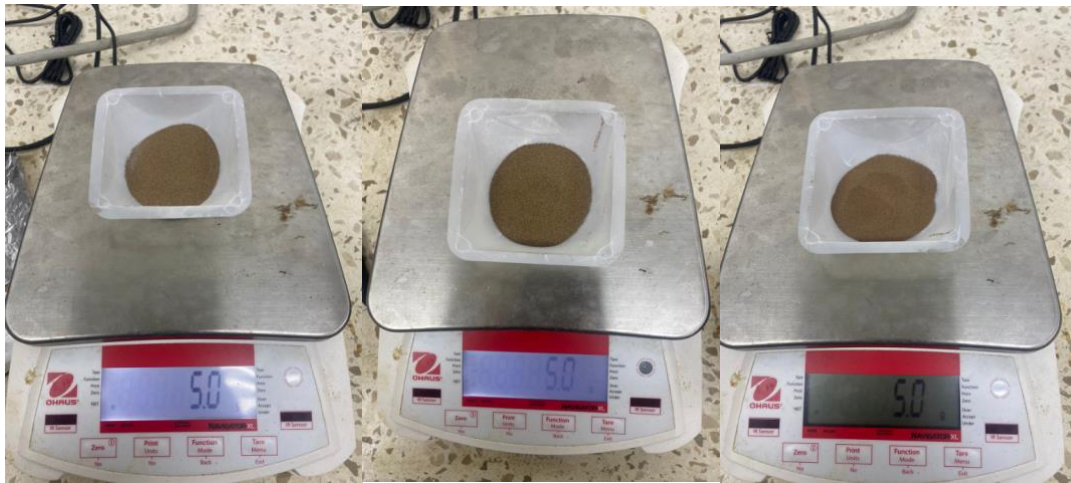
Para que el estudio inicie a tiempo y no tener desfases en el horario, se realizó el siguiente proceso:

### 2.5.2 Medición de peso en balanza

Por cada calidad de quistes se utilizaron 45 gramos, siendo así 5 gramos por unidad.

#### Figura 18.

*Pesaje de los quistes previo a la incubación (A, B y C respectivamente)*



**Nota.** Se utilizó una balanza analítica marca OHAUS Navigator con 0.1 gramos de sensibilidad.

### 2.5.3 Culminación de pesaje

Se ubicaron los 5 gramos pertenecientes a cada unidad experimental cubiertos en aluminio, con el fin de que se coloquen todas las muestras en el menor tiempo posible dentro de las unidades, para así asegurar un inicio estándar.

**Figura 19.**

*Cantidad de quistes necesaria para el sistema*



*Nota.* Foto tomada previo al sembrado.

#### **2.5.4 Siembra de quistes**

Los quistes fueron sembrados de manera aleatoria respetando las respectivas calidades, con la finalidad de que ninguna de estas tenga ventaja sobre otra, al hacerlo de manera aleatoria se minimizó este factor.

**Figura 20.**

*Siembra de quistes en el sistema*



*Nota.* Se realizó de esta forma para que el tiempo no sea un factor de ruido y para que no se pierdan quistes durante el sembrado.

## Figura 21.

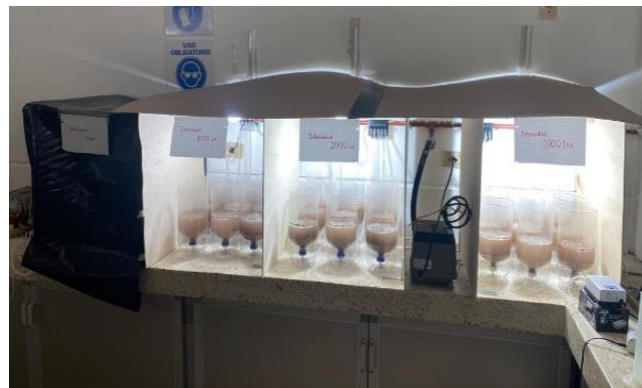
*Inicio de E1 (salinidad)*



*Nota.* Puesta en marcha de experimento 1, 00:00 horas de inicio.

## Figura 22.

*Inicio de E2 (Intensidad de luz)*



*Nota.* Puesta en marcha de experimento 2, 00:00 horas de inicio.

## 2.6 Tiempo

Cada estudio tuvo una duración de 30 horas, donde cada seis horas se realizó un muestreo para conocer el inicio de eclosión de los quistes y la cantidad de quistes eclosionados hasta hora del muestreo, teniendo un total de cinco monitoreos por estudio.

### **2.6.1 Estudio 1 (salinidad)**

- Toma de muestras
  - Inicio de experimentación : 08-08-2024 (18:00 h)
  - Primer muestreo: 09-08-2024 (00:00 h)
  - Segundo muestreo: 09-08-2024 (06:00 h)
  - Tercer muestreo: 09-08-2024 (12:00 h)
  - Cuarto muestreo: 09-08-2024 (06:00 h)
  - Quinto muestreo (peso quistes no eclosiones): 10-08-2024 (00:00 h)

### **2.6.2 Estudio 2 (Intensidad de luz)**

- Toma de muestras
  - Inicio de experimentación : 12-08-2024 (12:00 h)
  - Primer muestreo: 12-08-2024 (18:00 h)
  - Segundo muestreo: 12-08-2024 (00:00 h)
  - Tercer muestreo: 13-08-2024 (06:00 h)
  - Cuarto muestreo: 13-08-2024 (12:00 h)
  - Quinto muestreo (peso de quistes no eclosionados): 13-08-2024 (18:00 h)

## **2.7 Recolección de datos**

### **2.7.1 Método de observación**

2.7.1.1 *Muestra directa (1er y 2do muestreo)*. Cada 6 horas se extrajeron 10 ml de muestra (1% del total usado) para contabilizar la cantidad de nauplios eclosionados, se utilizó un microscopio para conocer el valor exacto de los nauplios eclosionados.

### ***2.7.1.2 Proceso de extracción de muestra y observación***

1. Antes de tomar una muestra, se agitó cada unidad experimental con el fin de homogeneizar las muestras que se tomaron.
2. Luego se extrajeron de 10 mL en una probeta,
3. Se las colocó en cajas Petri para poder observarlas en el microscopio en aumento 4x.
4. Se contaron los nauplios eclosionados en cada muestreo.

#### **Figura 23.**

*Extracción de quistes para muestreo.*



**Nota.** Para que no exista ruido en los muestreos, se tomaba la muestra haciendo movimientos circulares.



**Figura 24.**

*Muestra de 10 mL de quistes*



*Nota.* Muestra significativa al ser de 10 ml de 1 litro.

**Figura 25.**

*Observación de quistes en microscopio.*



*Nota.* Se contaban los nauplios y se los clasificaba en viables y no viables.

**2.7.1.3 Dilución (3er y 4to muestreo).** Debido que a partir de las 18 horas del periodo de incubación de los quistes, se volvió una tarea compleja por la cantidad de nauplios



eclosionados y en movimiento, por lo que se tomó un método distinto para poder contarlos de manera eficiente, diluyendo la muestra base.

Esto se realizó siguiendo el siguiente criterio de diluciones:

**1- Concentración inicial**

- 5 g/L o 0.005 g/ mL

**2- Volumen Inicial (V1)**

- 10 mL de solución base de 5 g/L

**3- Dilución**

- 10 mL en 1000 mL ( $\frac{1}{100}$ )

**4- Concentración final**

- 0.00005 g/mL

**5- Conteo de nauplios**

- Se colocaron la muestra diluida en una caja Petri y se cuenta el número de nauplios de la muestra, luego se multiplicó por el factor de dilución para conocer la cantidad de nauplios en la muestra de 10 mL sin la dilución.

# *de nauplios (muestra directa)*

$$= \text{Cantidad de nauplios de la muestra diluida} \times \text{factor de dilución}$$

- Finalmente, para obtener la cantidad de nauplios eclosionados al momento, se aproximó la cantidad obtenida a 1 litro.

**Figura 26.**

*Extracción de quistes para muestreo 2*



*Nota.* Se recolectó una muestra representativa en cada muestreo 10 ml.

**Figura 27.**

*Dilución y toma de muestra diluida.*

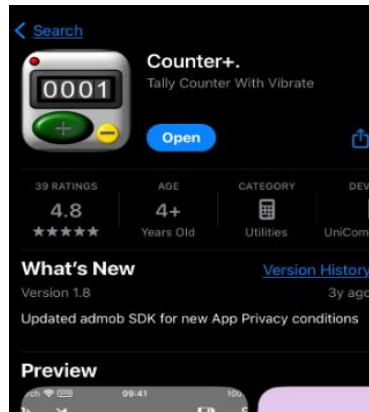


*Nota.* Dilución 1:100.

Para el conteo de nauplios se utilizó una aplicación de celular con un contador digital llamado “Counter+ (UniCom Technology)”.

**Figura 28.**

*Aplicación de contador utilizada. Creador “UniCom Technology”.*



*Nota. Aplicación disponible en todas las appstores.*

**2.7.1.4 Pesaje de quistes no eclosionados (5to muestreo).** Para el muestreo final después de haber transcurrido 30 horas, se dispuso a realizar un análisis de peso, tomando como referencia el peso de los quistes no eclosionados, con la finalidad de obtener únicamente el peso de los quistes no eclosionados, se realizó el siguiente método:

- 1- Se detuvo la aireación y al mismo tiempo se retiró la piedra difusora de las botellas.

**Figura 29.**

*Retirado de piedra difusora.*



*Nota. Se retira la piedra difusora del diseño para poder usar la tapa especial en la separación.*

- 2- Se esperaron de 1 a 2 minutos hasta que se alcanzó a ver la botella dividida en 3 secciones: Quistes no eclosionados (Fondo), nauplios eclosionados (Medio) y cascarones de quistes ya eclosionados (Superficie).

**Figura 30.**

*División cascarones-nauplios-quistes*



**Nota.** Se pueden observar en las 3 unidades la separación c-n-q.

Posterior a la separación, se dejó bajar nivel del agua lentamente por medio del diseño de tapa del sistema, dejando así los cascarones en la botella plástica, y solo vertiendo en el beaker una mezcla de quistes no eclosionados y nauplios.

**Figura 31.**

*Uso de diseño de tapa para separar nauplios-quistes de cascarones.*

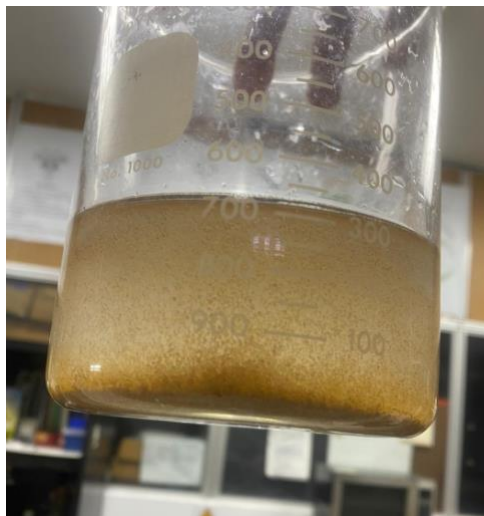


*Nota.* En la manguera se puede ver la mezcla de quistes no eclosionados y nauplios siendo sifoneada.

- 3- Se dejó reposar por 1 - 2 minutos la mezcla mencionada anteriormente, dejando que los quistes no eclosionados al ser más pesados se precipiten en el fondo.

**Figura 32.**

*Precipitación de quistes*



*Nota.* Se puede observar que los quistes no eclosionados al ser más pesados, se precipitan en el fondo.

- 4- Se procedió a sifonear la parte media del beaker con una manguera de acuario para retirar únicamente los nauplios y dejar los quistes no eclosionados en el fondo.

**Figura 33.**

*Separación exitosa de cascaron-quistes-nauplios*



**Nota.** Foto tomada después de separar exitosamente los cascarones vacíos, quistes noeclosionados y los nauplios.

- 5- Se pasaron los quistes no eclosionados por un filtro de malla fina, con la finalidad de retirar la mayor cantidad de agua de ellos y luego fueron colocados en una caja Petri con destino al horno para su deshidratación a 60°C.

**Figura 34.**

*Deshidratado de muestras en horno.*



*Nota. Se realizó este proceso para descartar el peso del agua en las muestras.*

- 6- Luego de deshidratar las muestras, estas se rasparon de la caja petri con la finalidad de evitar variabilidad al momento de pesar y poder ubicarlas en la canasta de peso constante de la balanza.

**Figura 35.**

*Raspado y pesado de la muestra.*



*Nota. Se utiliza un papel arriba de la caja petri que se está rastrillando con el fin de evitar perdida de muestra.*

7- Finalmente, para hallar la cantidad de nauplios que eclosionaron, se utiliza la siguiente formula:

$$\# \text{ de nauplios (30h)} = (5 - \text{peso de quistes no eclosionados}) * 100000$$

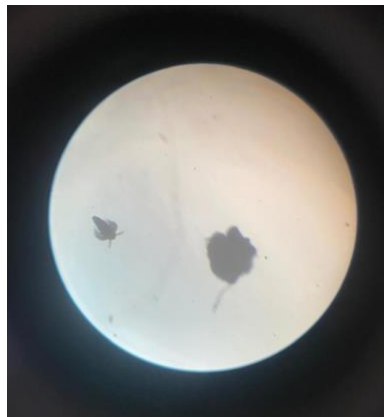
## 2.8 Conteo de nauplios viables

En cada intervalo de tiempo (6 horas) se registraron los nauplios viables que cumplan con las siguientes características:

- Movilidad activa
- Respuesta a estímulos
- Estructura corporal completa

### Figura 36.

*Visualización de nauplios viables (1).*

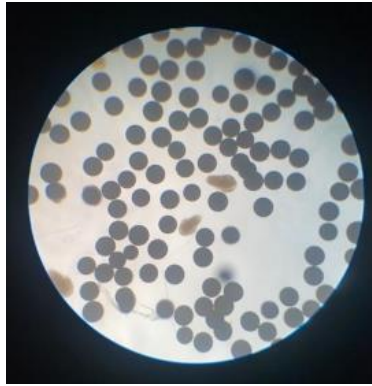


**Nota.** En esta imagen se pueden observar un nauplio viable, se encontraba en movimiento, respondía rápido a estímulos (Luz) y con su estructura corporal completa.



### Figura 37.

*Visualización de nauplios viables (2).*



*Nota.* En esta imagen se pueden observar nauplios incompletos, y sin movilidad alguna.

### Fórmulas

#### Formula 1. Porcentaje de Eclosión (%)

$$E.E(\%) = \frac{\# \text{ de nauplios eclosionados}}{\# \text{ total de quistes incubados}} \times 100$$

**# de nauplios eclosionados:** Los nauplios que se pueden observar hasta la hora del muestreo.

**# total de quistes incubados:** Total de quistes sembrados en la unidad, aproximadamente 100,000 por gramo.

#### Formula 2. Eficiencia de Eclosión (%)

$$E.E(\%) = \frac{\# \text{ de nauplios eclosionados} - \# \text{ de nauplios no viables}}{\# \text{ total de quistes incubados}} \times 100$$

**# de nauplios viables:** Cantidad de nauplios eclosionados hasta la hora del muestreo.

**# de nauplios inviables:** Cantidad de nauplios que muestren falta de estímulos,

estructuracorporal incompleta o falta de movilidad.

**# total de quistes incubados:** Total de quistes sembrados en la unidad, aproximadamente 100,000 por gramo.

## **Capítulo 3**

### 3.1 Análisis de resultados de eclosión

#### 3.1.1 Pruebas de Hipótesis

Las pruebas estadísticas fueron esenciales en este proyecto para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos. A través de estas pruebas, se pudo determinar si las diferencias observadas en la eficiencia y porcentaje de eclosión de los quistes de Artemia bajo distintas condiciones de luz y salinidad fueron significativas o no. Esto permitió hacer conclusiones sobre el impacto de las variables experimentales en los estudios, asegurando que las recomendaciones y decisiones fueran precisas y aplicables en la práctica.

Para el desarrollo de las pruebas estadísticas se utilizaron las siguientes variables:

- **Variables categóricas:** A (3), B (2) y C (1).
- **Variables independientes:** Salinidad e Intensidad de luz.
- **Variables dependientes:** Porcentaje y Eficiencia de eclosión.

En el presente proyecto, se utilizó la herramienta de software estadístico **InfoStat/E** (**versión:2020e**) para analizar los datos recolectados:

- Análisis multivariado (cualitativo)
- Análisis de coeficientes de correlación de Spearman
- Análisis de regresión lineal.
- ANOVA y análisis de medias.

#### 3.1.2 Análisis multivariado

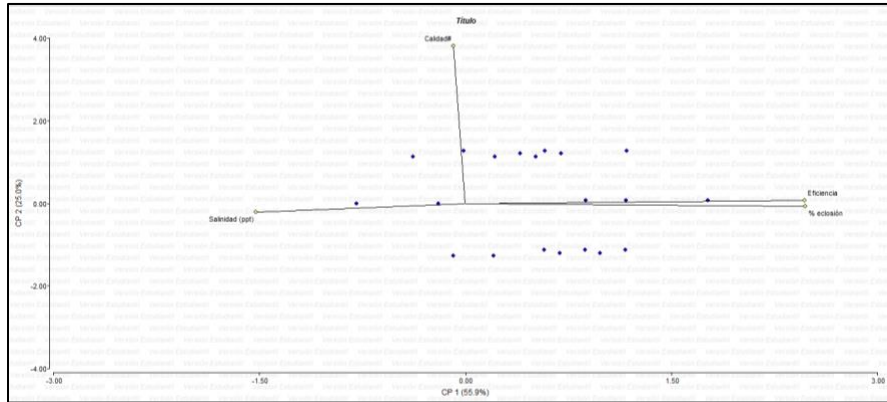
A continuación, se mostrarán los gráficos de análisis multivariado (Cualitativo) para entender la interacción entre las diferentes variables independientes y categóricas, como la intensidad de luz, la salinidad y las calidades, y su influencia en el porcentaje y eficiencia de

eclosión. Estas pruebas permiten identificar patrones y relaciones no evidentes entre las variables y cómo estas interacciones llegan a afectar a los resultados.

Los planos “XY” explican aproximadamente el 80% de los datos.

**Figura 38.**

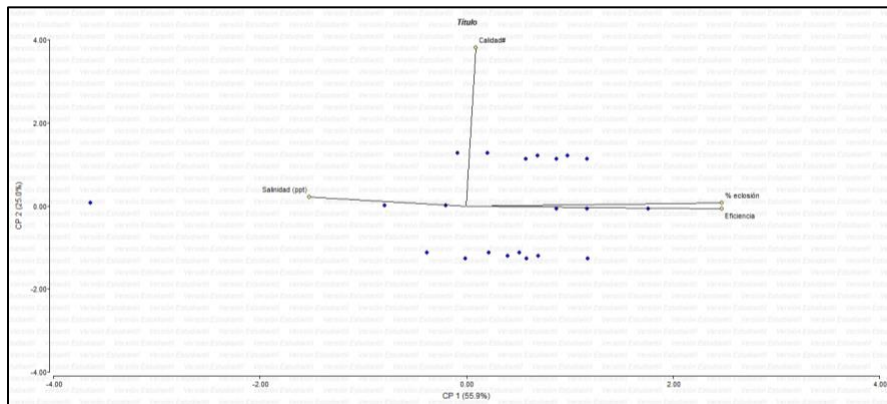
*Análisis multivariado 24h (Salinidad – Calidad)*



**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

**Figura 39.**

*Análisis multivariado 30h (Salinidad – Calidad)*



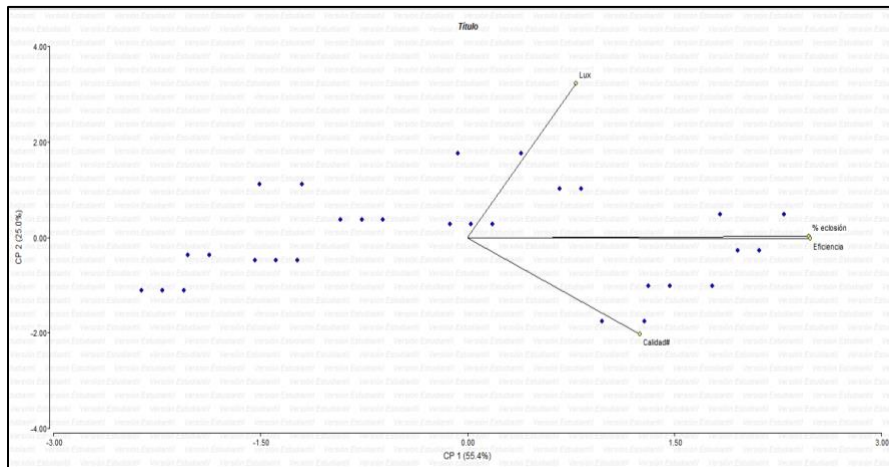
**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

Se puede observar en los gráficos de análisis multivariado que la salinidad tiene una relación inversamente proporcional al porcentaje y eficiencia de eclosión en ambos ciclos 24 y 30 h respectivamente (aproximadamente 180°), mientras que la variable “calidad” de los quistes no muestra una correlación fuerte con las variables dependientes, generando un ángulo de aproximadamente 90° en ambos casos 24 y 30 h.

Por otro lado, la eficiencia y porcentaje de eclosión muestran una fuerte correlación entre sí en los dos horarios analizados, así como también no se encontró correlación entre la calidad y salinidad en ambos horarios.

**Figura 40.**

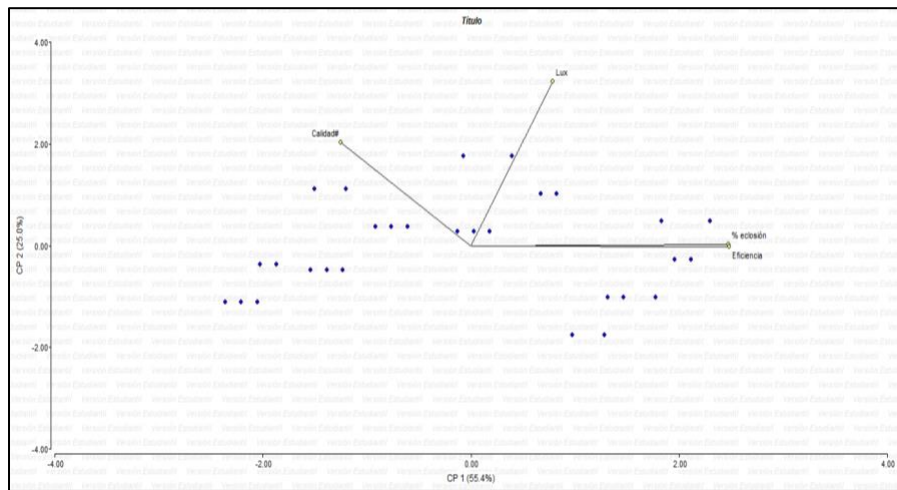
*Análisis multivariado 24 h (Intensidad de luz – Calidad)*



**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

**Figura 41.**

*Análisis multivariado 30h (Intensidad de luz – Calidad)*



**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

En los gráficos que despliegan los análisis multivariados de la intensidad de luz, se puede observar que las variables descritas como: Intensidad de luz y calidad se correlacionan con la eficiencia y porcentaje de eclosión, sin embargo, cabe recalcar, que a las 24 horas la relevancia que tiene la “calidad” con ambas variables dependientes es mayor que a las 30 horas, tomando en cuenta que después de 24 horas de eclosión se espera que el porcentaje de eclosión aumente, entonces es correcto inferir que mientras más tiempo se sostenga el proceso de eclosión, menor será la importancia de la calidad de los quistes.

Es importante señalar que la relación entre la luz y las dos variables dependientes se mantiene en ambos horarios, así como también no se encontró correlación entre la Intensidad de luz y la calidad en ambos horarios.

Por otro lado, la eficiencia y porcentaje de eclosión muestran una fuerte correlación entre sí en los dos horarios analizados.

### 3.1.3 Análisis de correlación de Spearman (Coeficientes de correlación)

Al terminar el análisis cualitativo, se corrieron pruebas de correlación de Spearman para evaluar específicamente la relación entre las variables independientes y dependientes; esta es una prueba no paramétrica ideal para medir la fuerza y la dirección entre las variables asociadas o cuando no existe normalidad entre los datos. A través de este análisis, se podrá determinar si existe una relación proporcional o inversamente proporcional entre ellas.

**Figura 42.**

*Correlación de Spearman 24 horas*

Correlación de Spearman				
Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Calidad#	Salinidad (ppt)	63	0.00	>0.9999
Calidad#	Lux	63	0.00	>0.9999
Calidad#	% eclosión	63	0.26	0.0361
Calidad#	Eficiencia	63	0.34	0.0063
Salinidad (ppt)	Lux	63	-0.17	0.1776
Salinidad (ppt)	% eclosión	63	-0.37	0.0031
Salinidad (ppt)	Eficiencia	63	-0.36	0.0042
Lux	% eclosión	63	0.23	0.0704
Lux	Eficiencia	63	0.22	0.0798
% eclosión	Eficiencia	63	1.00	<0.0001

*Nota.* Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

**Figura 43.**

*Correlación de Spearman 30 horas*

Correlación de Spearman				
Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-valor
Calidad#	Salinidad (ppt)	63	0.00	>0.9999
Calidad#	Lux	63	0.00	>0.9999
Calidad#	% eclosión	63	0.26	0.0361
Calidad#	Eficiencia	63	0.34	0.0063
Salinidad (ppt)	Lux	63	-0.17	0.1776
Salinidad (ppt)	% eclosión	63	-0.37	0.0031
Salinidad (ppt)	Eficiencia	63	-0.36	0.0042
Lux	% eclosión	63	0.23	0.0704
Lux	Eficiencia	63	0.22	0.0798
% eclosión	Eficiencia	63	1.00	<0.0001



**Nota 1.** Correlación leve – débil ( $0 < | \rho | < 0.3$ ), correlación moderada ( $0.3 \leq | \rho | < 0.7$ ) y correlación alta – fuerte ( $0.7 \leq | \rho | \leq 1$ ), estos rangos se aplican en sentido negativo para correlaciones negativas/inversas.

**Nota 2.** Valor  $p < 0.05$  indica valores estadísticamente significativos.

Al evaluar las pruebas de correlación de Spearman en ambos horarios, se analizó lo siguiente:

1. No existen diferencias (en valores) entre las pruebas de correlaciones de Spearman hechas a las 24h y 30h de eclosión respectivamente.
2. Al asociar las variables “calidad – salinidad” y “calidad – intensidad de luz”, no existe correlación alguna ( $\rho = 0$ ) y por consiguiente no puede ser significativa ( $p > 0.9999$ ). Sin embargo, la calidad toma un rol relevante cuando se la asocia con las variables dependientes (Porcentaje y eficiencia de eclosión), en estas se observó una correlación positiva leve y estadísticamente significativa. ( $p = 0.0361$  y  $p = 0.0063$  respectivamente).
3. En el caso de la “salinidad – intensidad de luz”, existe una correlación negativa, pero no es significativa ( $p = 0.1776$ ), esto puede deberse a que son las variables independientes en el estudio; No obstante, al asociar “salinidad - % de eclosión” y “salinidad – eficiencia”, estas siguen manteniendo una correlación negativa moderada o inversamente proporcional observada en el análisis multivariado (Figura 39), en ambos casos las correlaciones son estadísticamente significativas ( $p = 0.0031$  y  $p = 0.0042$  respectivamente).
4. Al asociar la intensidad de luz con ambas variables dependientes (Porcentaje y eficiencia de eclosión), estas mantenían una correlación positiva leve y proporcional, pero no fue estadísticamente significativa como se muestra en el

análisis multivariado de intensidad de luz (Figura 41).

5. Cuando se asociaron las variables dependientes, éstas mostraron una correlación positiva fuerte ( $\rho = 1$ ) y estadísticamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que quiere decir que ambas aumentan de manera proporcional.

### 3.1.4 Análisis de regresión lineal (Coeficientes de regresión y estadísticos asociados)

Se realizó un análisis de regresión lineal para observar y modelar cómo las variaciones en los niveles de salinidad y luz influyen directamente en los resultados de eclosión, proporcionando una ecuación que describe dicha relación. El análisis de regresión lineal es útil para predecir los resultados de eclosión con diferentes combinaciones de las variables estudiadas en la experimentación, identificando las condiciones que maximizan el porcentaje de eclosión. Además, al calcular los coeficientes de la regresión, se podrá determinar el impacto de cada variable independiente sobre las variables dependientes.

Debido a que en el análisis de correlación se observó que la eficiencia y el porcentaje de eclosión son estadísticamente iguales o equivalentes debido a su correlación fuerte ( $p=1$ ), se hicieron las posteriores pruebas con el porcentaje de eclosión.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
% eclosión	63	0.21	0.17	0.02	-65.12	-54.40

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	0.80	0.09	0.62	0.98	8.91	<0.0001		
Salinidad (ppt)	-0.01	2.4E-03	-0.01	-2.1E-03	-2.88	0.0055	10.29	1.04
Luz	3.5E-05	2.0E-05	-5.3E-06	7.5E-05	1.74	0.0876	5.02	1.04
Calidad#	0.03	0.02	-0.01	0.08	1.55	0.1275	4.39	1.00

Error cuadrático medio: 0.018975

*Nota.* Valor  $p < 0.05$  indica valores estadísticamente significativos y el aporte a la ecuación.

Tomando en cuenta todos los datos del proyecto recolectados hasta las 30 horas, se aplicó un análisis de regresión lineal en donde la prueba explica el 21% de la variación, dando como

resultado una ecuación que describe la relación entre las variables y su efecto en el porcentaje de eclosión.

$$\%E = 0.80 - 0.01 (\text{Salinidad}) + 3.5E - 05 (\text{Intensidad de Luz}) + 0.03 (\text{Calidad})$$

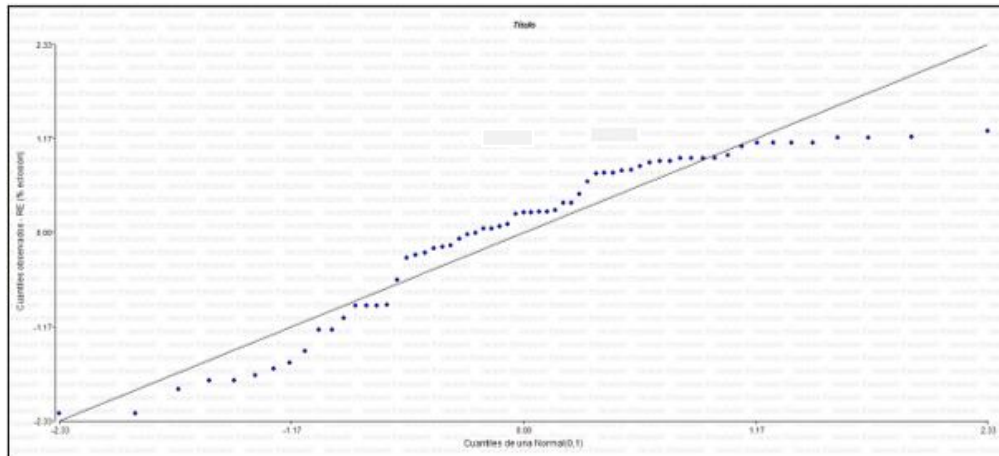
La ecuación resultante se puede usar para predecir bajo las condiciones del proyecto el porcentaje de eclosión, intercambiando y combinando distintos datos de salinidad, intensidad de luz y calidad (3, 2, 1).

Cabe recalcar que las variables “salinidad” y “calidad”, según el análisis de regresión no aportan al cambio de la ecuación al no ser estadísticamente significativas.

A continuación, se mostrará la ecuación lineal resultado de la regresión lineal en un gráfico.

**Figura 44.**

*Gráfica de Regresión lineal*



**Nota.** En el gráfico se puede observar la ecuación obtenida de la regresión lineal, y los puntos azules reflejan los residuos resultantes de la resta del valor de % de eclosión menos el promedio los datos de % de eclosión.

### 3.1.5 ANOVA (SC tipo 1)

Se utilizó ANOVA para determinar si diferencias significativas entre las variables.

**Figura 45.**

*Resultados del Anova sc tipo 1*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% eclosión	63	0.76	0.73	10.65

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.08	7	0.15	24.61	<0.0001
Calidad	0.72	2	0.36	57.41	<0.0001
Salinidad (ppt)	0.23	2	0.11	18.30	<0.0001
Lux	0.13	3	0.04	6.95	0.0005
Error	0.34	55	0.01		
Total	1.43	62			

**Nota 1.** Los valores “F” altos ( $F > 0$ ) explican que la variabilidad entre las medias de los grupos de tratamientos es mayor a la variabilidad a las medias de cada tratamiento.

**Nota 2.** El error con  $SC = 0.34$  comparado con el modelo con  $SC = 1.08$ , indica que la prueba explica correctamente la variabilidad del modelo (variables dependientes) en comparación con la variabilidad no explicada (Error).

**Nota 3.** Valor  $p < 0.05$  indica que existen diferencias estadísticamente significativas.

El modelo del ANOVA (1.08), con un valor F alto (24.61) refleja que las variables independientes explicaron una gran proporción de los datos, siendo estos estadísticamente significativos ( $p = 0.0001$ ). Al observar el ANOVA, se llegó al siguiente análisis:

1. La “Calidad” tiene un valor  $F=57.41$ , lo cual sugiere que la calidad tuvo un efecto elevado sobre las variables dependientes, y que como grupo tuvo más variabilidad que las calidades individualmente, además el valor  $p < 0.05$  indica que existen diferencias significativas en al menos una de las variables analizadas.
2. La “Salinidad” tiene un valor  $F=18.30$ , indica que la variable independiente tuvo un efecto alto sobre las variables dependientes, y que como grupo tuvo más variabilidad

que los tratamientos individualmente, además el valor  $p < 0.05$  indica que existen diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos.

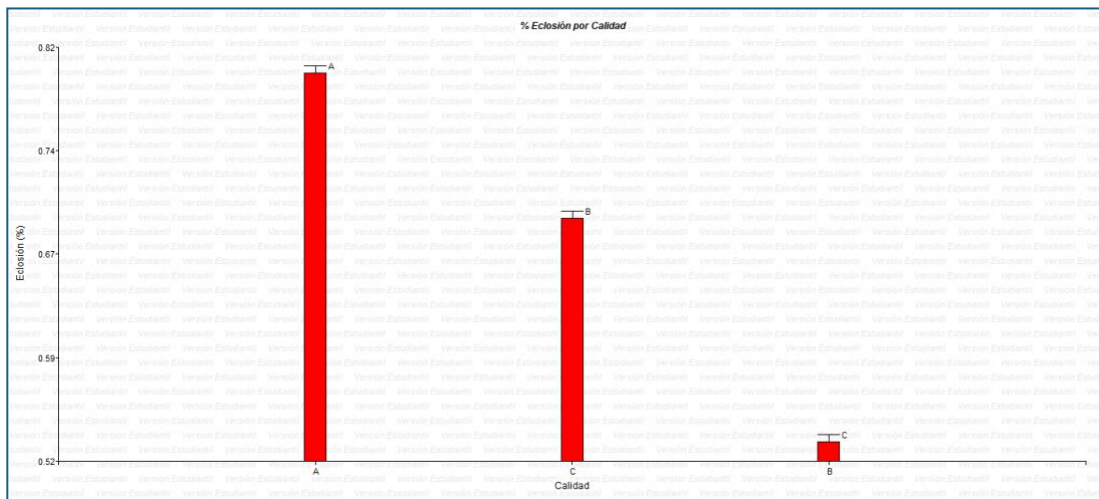
3. La “Intensidad de luz” tiene un valor  $F=6.95$  aunque menor a las otras variables, este explica que la variable independiente tuvo un efecto alto sobre las variables dependientes, y que como grupo tuvo más variabilidad que los tratamientos individualmente, además el valor  $p < 0.05$  indica que existen diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos

### 3.1.6 Pruebas Post-Hoc (Análisis de medias)

Para profundizar en el análisis de las diferencias entre grupos específicos, se realizó una prueba post hoc. Esta prueba es útil cuando se han observado diferencias significativas en el ANOVA y se busca determinar cuáles tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí.

**Figura 46.**

*Análisis de medias – Calidad (Variable categórica)*



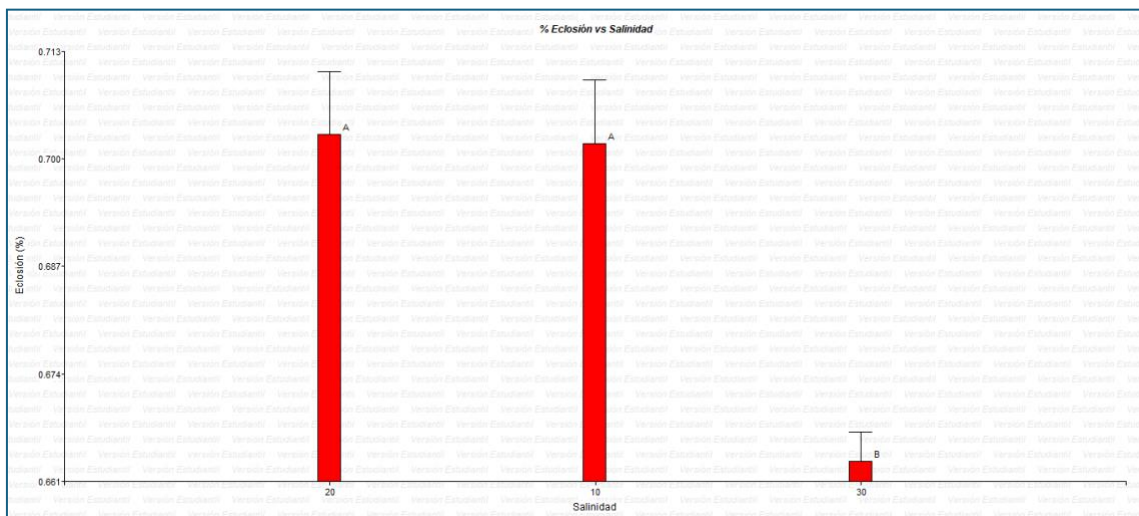
**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

En el gráfico se muestra las calidades de quistes de Artemia y su efecto sobre las variables dependientes.

Basado en los resultados de análisis de media, se puede concluir que existen diferencias significativas entre el efecto que causan cada una de las variables categóricas sobre las variables dependientes (valores  $p < 0.05$ ). La calidad A mostró la media más alta con un valor de 0.85, lo cual es significativamente diferente y superior a las demás calidades; esto indica que el efecto que tiene la Calidad A sobre las variables dependientes es elevado y beneficioso. La calidad C tuvo una media de 0.78, que fue significativamente diferente a las otras calidades, tuvo mayor impacto que la Calidad B, pero menor al de la Calidad A. La calidad B tuvo la media más baja (0.59), que fue significativamente diferente de las otras dos calidades, lo cual indica que, a pesar de ser la calidad intermedia en el experimento, tuvo resultados bajos a los esperados, siendo superada por las otras dos calidades.

**Figura 47.**

*Análisis de medias – Salinidad (Variable independiente)*



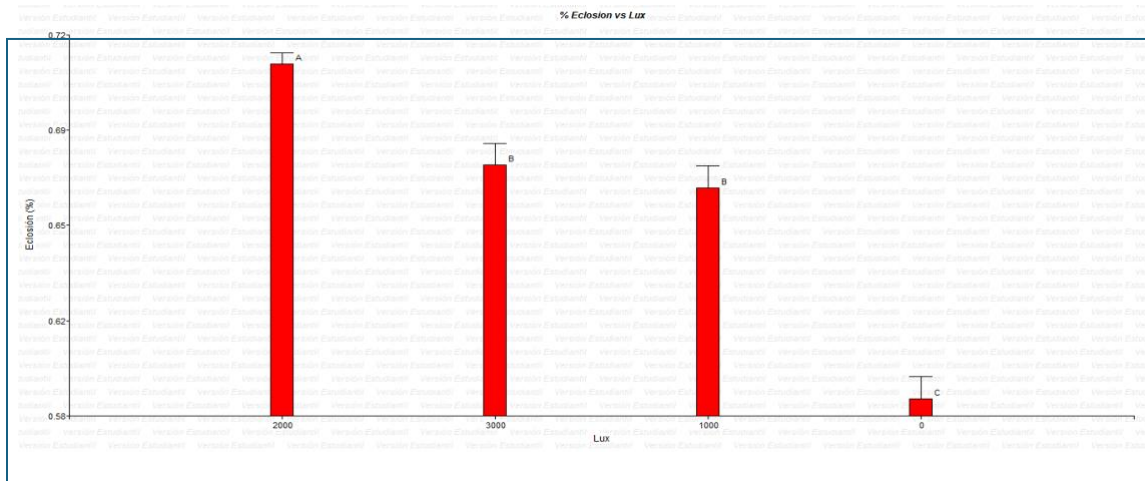
**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

En el gráfico se muestran los tratamientos (30, 20 y 10 ppt) y su efecto sobre las variables dependientes.

Basado en los resultados del análisis de medias, se puede apreciar que la presencia de letras comunes indica que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las salinidades de 20 y 10 ppt (Letra A), pero sí se diferencian significativamente de la salinidad de 30 ppt (Letra B). Este resultado explica que, aunque las salinidades más bajas (20 y 10 ppt) no muestran diferencias significativas entre ellas, sí tienen un efecto significativamente mayor sobre las variables dependientes comparando al tratamiento de 30 ppt. Siendo así que los mejores resultados se obtuvieron a salinidades relativamente bajas, confirmando lo observado en el análisis multivariado cualitativo de salinidad con una correlación inversa. Es importante señalar que la variabilidad en el porcentaje y eficiencia de eclosión está asociada directamente con los niveles de salinidad.

**Figura 48.**

*Análisis de medias – Intensidad de luz (Variable independiente)*



**Nota.** Análisis realizado en software estadístico InfoStat/E (versión:2020e).

En el grafico se muestran los tratamientos (3000, 2000, 1000 y 0 Lux) y su efecto sobre las variables dependientes.

Basado en los resultados del análisis de medias, se puede concluir que los tratamientos de 3000 y 1000 lux, no presentan diferencias significativas entre sí (letra B) ( $p > 0.05$ ), pero sí son significativamente diferentes del nivel de 2000 lux (letra A) ( $p < 0.05$ ), el cual resultó superior a los demás tratamientos; entre los tratamientos, 0 lux tuvo los resultados más bajos (letra C) ( $p > 0.05$ ) situándose como el peor tratamiento. Es importante resaltar que la iluminación tiene un efecto significativo sobre el porcentaje y eficiencia de eclosión, con 2000 lux mostrando los mejores resultados y 0 lux los peores, diferenciándose de los otros tratamientos. La igualdad estadística entre 3000 y 1000 lux sugiere que estos niveles tienen un efecto similar en el proceso de eclosión, pero no son las mejores intensidades de luz en el contexto del experimento.

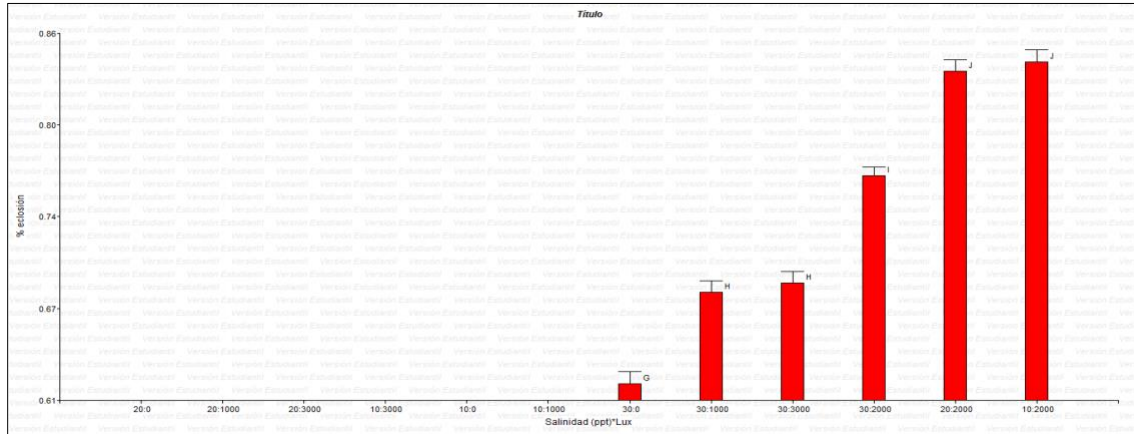
Estos resultados guardan estrecha relación con los mostrados en el análisis multivariado de la intensidad de luz, siguiendo la misma correlación.



### 3.1.7 Interacciones entre tratamientos (análisis de medias)

Figura 49.

*Interacciones entre Salinidad – Intensidad de Luz*



**Nota.** En el gráfico solo muestra las interacciones ocurridas en los experimentos, por lo tanto, no se muestran las interacciones de 10 y 20 ppt, debido a que, en el experimento de intensidad de luz, se tomó como constante de salinidad 30 ppt.

En el gráfico se muestran la interacción entre ambos grupos de tratamientos tanto de salinidad (30, 20 y 10 ppt) e Intensidad de luz (3000, 2000, 1000 y 0 Lux) y su efecto sobre las variables dependientes.

Basado en los resultados de la prueba de Tukey, las interacciones entre los tratamientos de salinidad (ppt) y niveles de luz (lux) reveló diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables dependientes estudiadas. Los tratamientos con salinidades de 20 y 10 ppt combinados con 2000 lux mostraron los mejores resultados de eclosión, teniendo la misma letra I, lo cual indica que no presentan diferencias significativas entre sí ( $p > 0.05$ ). Señalando estas combinaciones de tratamientos como los mejores para aumentar maximizar el porcentaje y eficiencia de eclosión.

Por otro lado, el tratamiento con 30 ppt de salinidad y 0 lux resultó en resultados más bajos, teniendo la letra G. Este resultado muestra diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en comparación con todas las demás interacciones, Demostrando en el contexto del estudio ser la peor combinación posible para los resultados de eclosión.

La combinación de 30 ppt con 3000 y 1000 lux, mostraron resultados intermedios y sin presentar diferencias significativas entre ambas combinaciones (Letra H) ( $p > 0.05$ ), mostrando resultados de eclosión significativamente menores que los observados en 2000 lux, pero mayores a los observados en 0 lux.

Al analizar las interacciones se resalta la influencia tanto de la salinidad como de la intensidad de luz sobre el porcentaje y eficiencia de eclosión.

### **3.2 Análisis de costos en base a los resultados de las pruebas estadísticas**

Para realizar un análisis económico basado en la calidad de las artemias eclosionadas y los resultados de las pruebas estadísticas, tomemos en cuenta lo siguiente:

\*El análisis de costos, se realizó considerando el contexto del estudio.

#### **1. Calidades de quistes:**

- **Artemia A (95%):** Presentó los mejores resultados de eclosión.
- **Artemia C (75%):** Resultados intermedios.
- **Artemia B (85%):** Presentó los menores resultados.

#### **2. Consumo y Requerimientos:**

- Se utilizan aproximadamente 2 libras de artemias eclosionadas por cada millón de larvas.

El análisis económico, basado en los resultados de las pruebas estadísticas, proporciona una visión clara sobre la relación costo-beneficio de las diferentes calidades de quistes de Artemia analizadas en el proyecto.

- **Artemia de Calidad A:** Esta calidad fue la más costosa en el contexto del estudio, y los resultados experimentales justifican su alto precio. Los quistes de Artemia A mostraron el mejor desempeño en resultados de eclosión tanto a las 24 horas como a las 30 horas. Este rendimiento fue consistente y superior, lo cual sugiere que, en laboratorios donde el porcentaje y eficiencia de eclosión son críticos, invertir en Artemia A se considera la opción más confiable. Se puede traducir en mayores tasas de supervivencia y crecimiento de las larvas de camarón, justificando su costo elevado.
- **Artemia de Calidad C:** Aunque fue la menos costosa en el contexto del estudio, los quistes de Artemia C demostraron ser una opción buena y eficiente a largo plazo. A pesar de tener un rendimiento inicial menor en comparación con la Artemia A, a las 30 horas, la calidad C superó a la calidad B en resultados de eclosión. Este resultado sugiere que, para laboratorios que buscan reducir sus costos, la Artemia C resultó en una buena relación costo-beneficio.
- **Artemia de Calidad B:** Los quistes de Artemia B, que tienen un costo intermedio, presentaron un desempeño bajo en comparación con las otras calidades analizadas en el estudio. Aunque se esperaba que tuviera un rendimiento medio/equilibrado debido a su precio, los resultados indicaron que fue inferior a la de la calidad C a las 24 y 30 horas. Este desempeño relativamente bajo, junto con su costo intermedio, pone en duda su rentabilidad.

### 3.2.1 Análisis de costos del proyecto

En esta sección se presenta el análisis detallado de los costos asociados a la implementación y desarrollo del proyecto. Este detalle permite identificar y cuantificar los recursos requeridos en cada una de las fases del proyecto. El objetivo de este análisis es proporcionar una visión clara y estructurada de los gastos involucrados para su replicación. Este análisis, cuenta con los costos en materiales, insumos y equipos utilizados.

**Figura 50.**

*Costos asociados a la implementación de la metodología*

Costos de implementación de metodología					
Tipo	Detalle	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Total + IVA
<b>Quistes</b>					
	Quistes de Artemias A,B y C	3	-	-	-
<b>Botellas plasticas</b>					
	Botellas plasticas 4L	60	\$ 0.19	\$ 11.40	\$ 13.11
	Manija azul 26mm	60	\$ 0.03	\$ 1.80	\$ 2.07
	Tapa Pequeña	60	\$ 0.01	\$ 0.42	\$ 0.48
<b>Accesorios de acuario</b>					
	Piedras difosoras	40	\$ 2.00	\$ 80.00	\$ 92.00
	Distribuidores de acuario	6	\$ 5.00	\$ 30.00	\$ 34.50
	Uniones de acuario	3	\$ 0.30	\$ 0.90	\$ 1.04
	Manguera de acuario	10	\$ 1.22	\$ 12.20	\$ 14.03
	Chayo para Artemias	3	\$ 4.50	\$ 13.50	\$ 15.53
	Bomba de aire	3	\$ 2.68	\$ 8.04	\$ 9.25
	Blower	1	\$ 125.00	\$ 125.00	\$ 143.75
<b>Sistema electrico</b>					
	Enchufe 15A - 127V	1	\$ 0.87	\$ 0.87	\$ 1.00
	Cable Gemelo 16	3	\$ 0.53	\$ 1.59	\$ 1.83
	Foco alta potencia 17w	1	\$ 1.55	\$ 1.55	\$ 1.78
	Foco alta potencia 20w	3	\$ 1.73	\$ 5.19	\$ 5.97
	Foco alta potencia 30w	1	\$ 3.17	\$ 3.17	\$ 3.65
	Boquillas de foco	3	\$ 0.33	\$ 1.17	\$ 1.35
<b>Diseño 3D</b>					
	Filamento PLA	1	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 34.50
	Filamento FDM	1	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 23.00
	Impresión 3D tapas	80	\$ 2.00	\$ 160.00	\$ 184.00
	O-Rings	40	\$ 0.50	\$ 20.00	\$ 23.00
<b>Articulos varios</b>					
	Pie de amigo pequeño	12	\$ 0.49	\$ 5.88	\$ 6.76
	Pie de amigo grande	3	\$ 3.02	\$ 9.06	\$ 10.42
	Tablero Plywood (25x25)	6	\$ 2.31	\$ 13.86	\$ 15.94
	Plastico polietileno	2	\$ 1.18	\$ 2.36	\$ 2.71
	Cinta doble FAZ	1	\$ 4.10	\$ 4.10	\$ 4.72
	Cinta aislante	1	\$ 0.37	\$ 0.37	\$ 0.43
	Cinta Teflon (15 M)	1	\$ 1.51	\$ 1.51	\$ 1.74
	Cautin 30 w	1	\$ 1.06	\$ 1.06	\$ 1.22
	Cautin 120 w	1	\$ 8.12	\$ 8.12	\$ 9.34
	Silicon	2	\$ 5.89	\$ 11.78	\$ 13.55
<b>Articulos de laboratorio</b>					
	Pipetas de plastico 3 ml	500	\$ 0.03	\$ 16.00	\$ 18.40
	Bickers de vidrio 1L	2	\$ 4.00	\$ 8.00	\$ 9.20
	Probeta de vidrio 100 mL	2	\$ 10.00	\$ 20.00	\$ 23.00
	Blower	1	\$ 125.00	\$ 50.00	\$ 57.50
	Termometro laser	1	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 11.50
	Luxometro	1	\$ 90.00	\$ 90.00	\$ 103.50
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 672.64</b>

\* Los costos de los quistes no se encuentran reportados debido a que el experimento maneja información sensible de las marcas.

**Nota.** El análisis no considera costos de infraestructura, servicios ni personal involucrado.

**Figura 51.**

*Costos relacionados a la ejecución del proyecto*

<b>COSTOS RELACIONADOS A LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Usos</b>	<b>Valor del equipo</b>	<b>Costo por uso</b>
Horno	3	\$ 600.00	\$ 200.00
Balanza	70	\$ 350.00	\$ 5.00
Microscopio	300	\$ 1,400.00	\$ 4.67
Refractometro	6	\$ 20.00	\$ 3.33
Medidor de pH	6	\$ 20.00	\$ 3.33
		<b>TOTAL POR ESTUDIO</b>	<b>\$ 216.33</b>

*Nota.* El análisis no considera costos de infraestructura, servicios ni personal involucrado.

## Capítulo 4

## 4.1 Conclusiones

El presente estudio se centró en la evaluación de los resultados de eclosión de quistes de *Artemia* de diferentes calidades bajo condiciones controladas de salinidad e intensidad de luz; el objetivo fue determinar el efecto de la luz y salinidad sobre la eficiencia y porcentaje de eclosión de tres calidades de *Artemia* sp., y adicionalmente se realizó un análisis económico de su uso y posible impacto en laboratorios de larvas de camarón blanco.

Se utilizaron tres calidades de *Artemia* (A, B y C), cada una de las cuales se sometió a diferentes condiciones de salinidad (30, 20 y 10 ppt) y luminosidad (0, 1000, 2000 y 3000 lux). Los análisis estadísticos, incluyendo ANOVA y pruebas de Tukey, mostraron que la *Artemia* de calidad A, a pesar de ser la más cara, obtuvo los mejores resultados de eclosión tanto a las 24 horas como a las 30 horas. Esto sugiere que, teniendo una visión económica y técnica, la inversión en quistes de mayor calidad puede ser justificada debido a su desempeño superior. Por otro lado, la *Artemia* de calidad C, siendo la menos costosa, tuvo mejor desempeño comparándola con la calidad B en cuanto a resultados de eclosión, especialmente en una ventana de tiempo de 30 horas. Este resultado fue significativo, ya que indica que, siguiendo condiciones ideales, las opciones más económicas pueden ofrecer un rendimiento competitivo, lo cual podría ser beneficioso para laboratorios que buscan optimizar sus costos. La calidad B, que representó una opción de costo intermedio, no cumplió con los resultados de eclosión esperados, posicionándose por debajo de la calidad C. Este resultado sugiere que el precio intermedio no siempre garantiza buen desempeño.

En cuanto a las condiciones experimentales, los resultados indicaron que las salinidades más altas (30 ppt) no siempre garantizan mejores resultados de eclosión, especialmente en comparación con las salinidades más bajas (10 y 20 ppt). Además, se observó que la luminosidad

también juega un rol crucial, donde niveles de luz moderados (2000 lux) favorecieron significativamente los resultados de eclosión, mientras que condiciones de oscuridad total o luz excesiva no fueron óptimas.

Cabe recalcar que, para lograr resultados consistentes y reproducibles, es crucial que los protocolos de eclosión sean seguidos de manera rigurosa. La precisión en la medición y monitoreo de parámetros, así como el manejo adecuado de los quistes, son factores que determinan los resultados del proceso de eclosión. Cualquier variación en los protocolos podría afectar significativamente los resultados esperados, comprometiendo tanto la eficiencia como la rentabilidad del proceso.

Este estudio proporciona una base sólida para que los laboratorios de larvas de camarón blanco puedan tomar decisiones informadas sobre la selección de quistes de Artemia, así como ajustar y corregir las condiciones de eclosión para optimizar tanto los resultados de eclosión como los costos involucrados.

#### **4.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar más réplicas en los experimentos para mejorar la precisión y confiabilidad de los análisis estadísticos. Aumentar el número de réplicas permite obtener una representación más significativa de los datos en el estudio, lo que se traduce en mayor validez de las conclusiones y resultados más confiables.

Además, es importante que los laboratorios realicen una revisión de sus protocolos de eclosión tomando en cuenta las diversas condiciones de luz y salinidad. Esta revisión tiene la finalidad de maximizar los resultados de eclosión, indiferentemente de la calidad de los quistes utilizados.



Se recomienda también que los laboratorios de larvas lleven a cabo una evaluación constante de la relación costo-beneficio asociada a los procesos de producción. Es necesario considerar también los cambios en los precios de los insumos y su impacto en los resultados de producción para optimizar el rendimiento económico.

La implementación de controles de calidad regulares es otra recomendación crítica para asegurar que los resultados esperados se cumplan. Estos controles deben ser parte del proceso para identificar y corregir alteraciones antes de que tengan un efecto negativo en la producción.

Además, se sugiere ajustar los tiempos de eclosión utilizados en los experimentos para garantizar mejores resultados, debido a que el ajuste de estos tiempos puede resultar en mejores porcentajes de eclosión.

Finalmente, se recomienda fomentar la colaboración entre laboratorios y expertos acuícolas para compartir conocimientos y mejores prácticas en la eclosión de quistes de Artemia, teniendo así una capacitación continua del personal en técnicas avanzadas y en la interpretación de datos estadísticos para la mejora continua de los procesos y resultados.

## Referencias

- Acosta Espinosa, R. E. (2016). *Análisis del sector de larvicultura del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* sp. en el Ecuador; énfasis en el mercado de insumos y comportamientos del sector.*
- Barrera, C., Lara, R., Castro, G., Mej, J., & Sanchez, A. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *Contactos*, 48.
- BBC. (2023). *Cómo Ecuador se convirtió en el mayor exportador mundial de camarones (y qué papel clave jugó China)*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-65247655>
- Bengtson, D. A., Leger, P., & Sorgeloos, P. (1991). Use of Artemia as a food source for aquaculture. In R. A. Browne, P. Sorgeloos, & C. N. A. Trotman (Eds.), *Artemia Biology* (pp. 255–285). CRC.
- Blair, T., Castell, J., Neil, S., D'Abramo, L., Cahu, C., Harmon, P., & Ogunmoye, K. (2003). Evaluation of microdiets versus live feeds on growth, survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture*, 225(1–4), 451–461. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00309-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00309-0)
- Castro, T. B. (1993). *Biología y cultivo de Artemia franciscana en el ex Lago de Texcoco, de Ecatepec, Estado de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Criel, G. R. J., & Macrae, T. H. (2002). Artemia morphology and structure. In *Artemia: Basic and Applied Biology* (pp. 1–37). Springer.
- Darryl E, J. (2017). *¿Qué tan buenas son sus postlarvas de camarón?* . <https://www.globalseafood.org/advocate/que-tan-buenas-son-sus-postlarvas-de-camaron/>

- El Universo. (2022). *El ‘mejor camarón del mundo’, bajo la lupa de compradores norteamericanos*. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/el-mejor-camaron-del-mundo-bajo-la-lupa-de-compradores-norteamericanos-nota/>
- FAO. (1989). *LA PRODUCCION DE ALIMENTO VIVO Y SU IMPORTANCIA EN ACUACULTURA*. <https://www.fao.org/4/AB473S/AB473S00.htm#int>
- FAO. (2005). *National Aquaculture Sector Overview*.  
[https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=countrysector&xml=naso\\_ecuador.xml&lang=en#tcN70173](https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=countrysector&xml=naso_ecuador.xml&lang=en#tcN70173)
- FAO. (2018). *ESTADO MUNDIAL DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA*.  
<https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- FAO, & Aquaculture, F. &. (2011). *Cultured Aquatic Species Information Programme - Artemia sp (Leach, 1819)*.  
[https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Artemia\\_sp.xml&lang=en](https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Artemia_sp.xml&lang=en)
- Giebichenstein, J., Giebichenstein, J., Hasler, M., Schulz, C., & Ueberschär, B. (2022). Comparing the performance of four commercial microdiets in an early weaning protocol for European seabass larvae ( *Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture Research*, 53(2), 544–558.  
<https://doi.org/10.1111/are.15598>
- Léger, P. H., Bengtson, D. A., Simpson, K. L., & Sorgeloos, P. (1986). The use and nutritional value of Artemia as a food source. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 24, 521–623.

Maldonado-Montiel, T. D. N. J., & Rodríguez-Canché, L. G. (2005). Biomass production and nutritional value of *Artemia* sp. (Anostraca: Artemiidae) in Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(3–4), 447–454.

[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200013&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

[77442005000200013&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200013&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

Mar & Tierra. (2024). *Laboratorios de larvas, cruciales para la producción camaronera.*

<https://www.tierraymarec.com/laboratorios-de-larvas-cruciales-para-la-produccion-camaronera/>

Martínez-Angeles, E., Castillo-Quintana, E., Navarrete-Ramírez, P., Ríos-Durán, M. G.,

Martínez-Chávez, C. C., Raggi, L., Pedroza-Islas, R., Olvera-Novoa, M. A., & Martínez-

Palacios, C. A. (2022). Effects of formulated microdiets on weaning success and larval

performance of pike silverside *Chirostoma estor* (Jordan, 1879). *Animal Feed Science and*

*Technology*, 288, 115288. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2022.115288>

Piedrahita, Y. (2018). *La industria de cultivo de camarón en Ecuador, parte 1 - Responsible*

*Seafood Advocate*. [https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-](https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/)

[camaron-en-ecuador-parte-1/](https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/)

Rodríguez-Canché, L. G., Maldonado-Montiel, T. D. N. J., & Navarro, L. A. C. (2006). Calidad

biológica y bioquímica de la población de *Artemia* (Anostraca: Artemiidae) localizada en

las salinas de Real de Salinas, Calkiní, Campeche, México. 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-](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000400025&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

[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)

- Rosinvalli, P. C., & Simpson, K. L. (1987). The brine shrimp *Artemia* as a protein for humans. In P. Sorgeloos, D. Bengston, W. Decler, & E. Jaspers (Eds.), *Artemia Research and its Applications* (Vol. 3, pp. 503–514). Ecology Culturing. Use in Aquaculture.
- Sánchez-Estudillo, L. (2011). Alimento nutritivo, colorido y en movimiento: Los cultivos de apoyo en Acuicultura. *Ciencia y Mar*, *XV*, 55–60.
- Sorgeloos, P., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., Bruggeman, E., Dobbeleir, J., Versichele, D., Laviña, E., & Bernardino, A. (1980). Culture of *Artemia* on rice bran: The conversion of a waste-product into highly nutritive animal protein. *Aquaculture*, *21*(4), 393–396.  
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(80\)90075-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(80)90075-7)
- Stappen, G. Van, Sorgeloos, P., & Rombaut, G. (2024). *Manual on Artemia production and use*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0313en>
- Tacon, A. (1987). *THE NUTRITION AND FEEDING OF FARMED FISH AND SHRIMP - A TRAINING MANUAL*. <https://www.fao.org/4/ab470e/AB470E00.htm>
- Torrentera-Blanco, L. (1993). *Ecology and evolution of Yucatan Peninsula Artemia* (p. 104). University of Wisconsin.
- Venkateswarlu, V., Seshaiyah, P. V, Arun, P., & Behra, P. C. (2019). *A study on water quality parameters in shrimp *L. vannamei* semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India*. [www.fisheriesjournal.com](http://www.fisheriesjournal.com)
- Wright, J. (2017). *Artemia, el 'polvo mágico' que alimenta una industria multimillonaria* .  
<https://www.globalseafood.org/advocate/artemia-el-polvo-magico-que-alimenta-una-industria-multimillonaria/>

Zimmermann, S., & Jost, H. C. (1998). *Recentes Avanços na Nutrição de Peixes: a Nutrição por Fases em Piscicultura Intensiva*.