



**Efecto de la inclusión de nauplios de Artemia salina enriquecidos con Espirulina
(*Arthrospira platensis*) en la producción de Cachama (*Colossoma macropomum*) en
etapa de alevinaje, en el subtrópico occidental ecuatoriano**

Camacho Jaya, Paula Michelle

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Ortíz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

30 de enero de 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de la inclusión de nauplios de Artemia salina enriquecidos con Espirulina (*Arthrospira platensis*) en la producción de Cachama (*Colossoma macropomum*) en etapa de alevinaje, en el subtrópico occidental ecuatoriano**, fue realizado por la señorita: **Camacho Jaya, Paula Michelle**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de enero de 2023



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

C. C. 1709998163

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Titulación 202251

NOMBRE DEL ALUMNO

PAULA MICHELLE CAMACHO JAYA

NOMBRE DEL ARCHIVO

PAULA MICHELLE CAMACHO JAYA - Documento sin título

SE HA CREADO EL INFORME

28 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	1	0,1 %
Fragmentos citados o entrecuillados	0	0 %
Coincidencias de la Web		
issuu.com	1	0,1 %



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

C.C.: 1709998163



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Camacho Jaya, Paula Michelle**, con cédula de ciudadanía No.1753019791, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de la inclusión de nauplios de Artemia salina enriquecidos con Espirulina (*Arthrospira platensis*) en la producción de Cachama (*Colossoma macropomum*) en etapa de alevinaje, en el subtrópico occidental ecuatoriano**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 30 de enero del 2023

.....
Camacho Jaya, Paula Michelle

C.C.: 1753019791



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Camacho Jaya, Paula Michelle**, con cédula de ciudadanía No. 1753019791 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de la inclusión de nauplios de Artemia salina enriquecidos con Espirulina (*Arthrospira platensis*) en la producción de Cachama (*Colossoma macropomum*) en etapa de alevinaje, en el subtrópico occidental ecuatoriano** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 30 de enero del 2023

.....
Camacho Jaya, Paula Michelle

C.C.: 1753019791

Dedicatoria

A Dios, por la vida y la salud, por la familia maravillosa que me dio, por hacer de mí una mujer decidida, esforzada y valiente y por permitirme cumplir una meta más en mi vida.

A Silvana, mi madre, por tu amor incondicional, por tus enseñanzas y los valores inculcados, por todo tu esfuerzo, por ser el mayor apoyo a lo largo de mi vida.

A John, mi padre, por tu amor, por siempre sacarme sonrisas, por desvelarte conmigo cuando niña para ayudarme a estudiar y por todo tu apoyo.

A Bryan, mi hermano, por ser mi ejemplo, por tu infinito amor y cariño, por ser mi compañía y por siempre estar pendiente de mí.

A Papi George, mi angelito, le extrañaré mucho papito, siempre lo llevaré en mi corazón y seguiré practicando los valores que me ha inculcado, gracias por enseñarnos a ser solidarios y humildes, nos volveremos a ver.

A Mami Marthi, mi abuelita, por sus consejos de vida, por su amor y preocupación.

A Juan Manuel, mi enamorado, por tu apoyo constante, por siempre impulsarme a ser mejor y por creer en mí.

Los amo mucho a todos.

Paula Michelle Camacho Jaya

Agradecimiento

A Dios, por guiar, bendecir y proteger mi camino, por cuidar a mi madre en este momento delicado que hemos atravesado.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA I y a mis docentes por brindarme su conocimiento y experiencias, que han aportado a mi formación profesional.

Al Doctor Juan Ortiz, mi tutor de tesis, por asesorar mi proyecto de titulación, por supervisar el desarrollo de este, por sus consejos y recomendaciones que me permitieron culminar con éxito mi investigación.

A la Ingeniera Daysi Muñoz y al Licenciado Marco Taco por su apoyo y guía y por permitirme utilizar los laboratorios de acuicultura y suelos respectivamente, para así completar esta investigación.

Al Ingeniero Miguel Anasi, por la acogida, por permitirme realizar mi proyecto de investigación en las instalaciones del Centro Piscícola de Nanegal, a los señores trabajadores; Daniel, Galo, Pablo, Lolita, Luis, Bolívar, Suco y Mauro, por hacer más llevadera mi estadía, por las enseñanzas y experiencias compartidas.

A John, mi padre, por acompañarme a lo largo de mis estudios, por enseñarme a ser responsable, por tu amor y cariño. A Silvana, mi madre por ser una mujer fuerte y valiente, por enseñarme el valor de cada cosa, por tu gran amor, por estar conmigo en cada momento. A Bryan, mi hermano mayor, por ser mi ejemplo de superación personal, por transmitirme tus conocimientos, por tu amor y preocupación por toda la familia, por tu inmenso corazón. Estoy infinitamente agradecida con ustedes, los amo mucho. A Scrapy, mi compañero de desveladas, gracias mi chiquito por tu amor, te extraño y te amo mucho. A Cocoa, por recibirme con alegría y ser mi compañía, te amo nenita.

A Jennifer, Anita, Lesly, Alex y Kevin por su amistad, por su apoyo y palabras de aliento cuando lo he necesitado, por los grandes momentos compartidos, por hacer cada instante en la universidad divertido y agradable, los quiero mucho.

Paula Michelle Camacho Jaya

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos....	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	9
Índice de tablas	13
Índice de figuras	15
Resumen.....	17
Abstract	18
CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
Antecedentes	19
Justificación.....	20
Objetivos	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	23

Hipótesis	23
CAPÍTULO II	24
MARCO REFERENCIAL	24
Cachama.....	24
Generalidades	24
Taxonomía	25
Morfología	25
Parámetros Medioambientales	26
Requerimientos Nutricionales	27
Alimento vivo para la acuicultura	30
Artemia Salina	31
Taxonomía	32
Ciclo Biológico.....	33
Parámetros Ambientales	34
Composición Bioquímica	35
Aporte de minerales, vitaminas y aminoácidos de artemia	36
Minerales	36
Vitaminas	36
Aminoácidos	37
Fuentes de PUFAs y HUFAs	38
<i>Composición de ácidos grasos de artemia en quistes y nauplios (%)</i>	38

Espirulina	39
Composición Bioquímica	39
Contenido de ácidos grasos y pigmentos de <i>Arthrospira platensis</i>	40
Importancia en Acuicultura	41
Enriquecimiento de artemia salina con espirulina	41
CAPÍTULO III.....	42
MATERIALES Y MÉTODOS	42
Ubicación del área de investigación.....	42
Ubicación Política	42
Ubicación Geográfica	42
Ubicación Ecológica	42
Producción de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	43
Instalación del proyecto y siembra de alevines.....	44
Eclosión de artemia salina.....	45
Enriquecimiento de los nauplios de artemia salina	47
Cosecha de los nauplios de artemia salina.....	48
Alimentación de alevines	49
Análisis del agua (nitritos, nitratos y amonio).....	50
Análisis fisicoquímico del agua.....	52
Diseño estadístico	52
Tratamientos	53

Descripción de los tratamientos	53
Croquis experimental.....	54
Análisis estadístico.....	55
Evaluación de variables en campo.....	55
Variables Morfométricas.....	55
Variables Productivas.....	56
Análisis económico.....	58
CAPÍTULO IV	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
Análisis fisicoquímico del agua.....	59
Parámetros Morfométricos.....	62
Parámetros Productivos.....	70
Mortalidad.....	76
Supervivencia.....	77
Análisis Económico.....	79
CAPÍTULO V	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
Conclusiones.....	84
Recomendaciones.....	85
Bibliografía	86

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Ración alimenticia para el cultivo cachama</i>	27
Tabla 2 <i>Ración alimenticia para el cultivo cachama</i>	28
Tabla 3 <i>Requerimientos nutricionales de Cachama</i>	29
Tabla 4 <i>Composición y valor nutricional de Artemia Salina</i>	35
Tabla 5 <i>Aporte de vitaminas de artemia en diferentes estados de desarrollo ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco)</i>	37
Tabla 6 <i>Aporte de aminoácidos de artemia en diferentes estados de desarrollo ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ proteína)</i>	37
Tabla 7 <i>Composición de ácidos grasos de artemia en quistes y nauplios (%)</i>	38
Tabla 8 <i>Contenido de proteínas y aminoácidos de Arthrospira platensis</i>	39
Tabla 9 <i>Contenido de micronutrientes de Arthrospira platensis</i>	40
Tabla 10 <i>Contenido de ácidos grasos y pigmentos de Arthrospira platensis</i>	40
Tabla 11 <i>Descripción de los tratamientos</i>	53
Tabla 12 <i>Media \pm desviación estándar, valores mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos del agua del estanque de alevines de Cachama (Colossoma macropomum)</i>	59
Tabla 13 <i>Media \pm desviación estándar, F y p valor de peso, longitud total, longitud parcial y ancho de los alevines de Cachama</i>	62
Tabla 14 <i>Media \pm desviación estándar, F y p valor de factor de conversión alimenticia, eficiencia de conversión alimenticia y tasa de crecimiento específico de los alevines de Cachama</i>	70
Tabla 15 <i>Media \pm desviación estándar, F y p valor de ganancia de peso e índice de condición corporal de los alevines de cachama</i>	74
Tabla 16 <i>Análisis de presupuesto parcial de los tratamientos implementados</i>	80

Tabla 17 Costos variables del Tratamiento 1 (Balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día).....	80
Tabla 18 Costos variables del Tratamiento 2 (Balanceado comercial con una frecuencia de 6 veces al día).....	80
Tabla 19 Costos variables del Tratamiento 3 (Balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día + nauplios de artemia salina).....	81
Tabla 20 Costos variables del Tratamiento 4 (Balanceado comercial con una frecuencia de 6 veces al día + nauplios de artemia salina).....	81
Tabla 21 Costos variables del Tratamiento 5 (Balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día + nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina).....	82
Tabla 22 Costos variables del Tratamiento 6 (Balanceado comercial con una frecuencia de 6 veces al día + nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina).....	82
Tabla 23 Costos variables y Beneficio neto de cada tratamiento.....	83
Tabla 24 Análisis Beneficio/Costo de cada tratamiento.....	83

Índice de figuras

Figura 1 <i>Ciclo de vida de Artemia</i>	33
Figura 2 <i>Vista satelital del área de estudio</i>	43
Figura 3 <i>Realimentación, cosecha y conservación de espirulina</i>	44
Figura 4 <i>Instalación del proyecto</i>	45
Figura 5 <i>Implementación y optimización del sistema de eclosión de artemia salina (Primera fase)</i>	46
Figura 6 <i>Adecuación del sistema de eclosión de artemia salina (Segunda fase)</i>	47
Figura 7 <i>Suministro de espirulina a artemia salina</i>	48
Figura 8 <i>Verificación de eclosión de nauplios Instar I y cosecha de nauplios Instar II</i>	49
Figura 9 <i>Suministro de alimento balanceado y de artemia salina</i>	50
Figura 10 <i>Análisis de nitritos, nitratos y amonio</i>	51
Figura 11 <i>Medición de parámetros fisicoquímicos del agua</i>	52
Figura 12 <i>Distribución del experimento</i>	54
Figura 13 <i>Medición del peso, del ancho y de la longitud total y parcial de los alevines</i>	56
Figura 14 <i>Biometría del día 100 de los alevines de (Colossoma macropomum)</i>	56
Figura 15 <i>Media \pm desviación estándar de las variables morfométricas de alevines de (Colossoma macropomum)</i>	67
Figura 16 <i>Regresión lineal de 2° orden, del comportamiento de la variable peso corporal en fase de campo, en los 6 tratamientos evaluados</i>	68
Figura 17 <i>Tasa de mortalidad acumulada (%) de alevines de Colossoma macropomum para los distintos tratamientos, al culminar la experimentación</i>	76

Figura 18 *Comportamiento de la tasa de supervivencia (%) de alevines de Colossoma macropomum para los distintos tratamientos, a través del tiempo.....77*

Figura 19 *Matriz de Correlación de Pearson entre las variables morfométricas y productivas de alevines de Cachama.78*

Resumen

La producción acuícola en el Ecuador se enfoca principalmente en el cultivo de camarón marino y tilapia roja, recientemente, especies nativas como la Cachama (*Colossoma macropomum*) debido a sus innumerables características de producción y comercialización, han despertado el interés de los productores de este sector, sin embargo debido a que esta especie continúa siendo objeto de estudio, en el mercado no existe un alimento balanceado que cubra sus requerimientos nutricionales, por este motivo el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina en la producción de Cachama en etapa de alevinaje. Artemia salina es un micro crustáceo que, por su atractivo color naranja, movimiento y palatabilidad, estimula el apetito de peces y crustáceos, el crecimiento y desarrollo de estos, mejora gracias al alto valor nutritivo de los nauplios enriquecidos. Para este estudio se utilizaron 360 alevines con un peso inicial de 92 ± 4.6 mg, distribuidos aleatoriamente en 18 unidades experimentales, se evaluaron 6 tratamientos, T1 y T2 (balanceado comercial; 4 y 6 veces/día respectivamente), T3 y T4 (balanceado; 4 y 6 veces/día respectivamente + artemia salina) y T5 y T6 (balanceado; 4 y 6 veces/día respectivamente + artemia salina enriquecida). Se realizó un ANAVA para las variables morfométricas y productivas, análisis con el cual al finalizar el estudio se registraron diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) para las diferentes variables analizadas, así se evidenció que el T5 presentó los mejores resultados para; peso 36.10 g, ancho 5.04 cm, FCA 1.34, TCE 78.72%, ECA 5.30%, GP 1.50 g/día e ICC 2.23, no se registró mortalidad para este tratamiento. Para determinar la rentabilidad económica se realizó un análisis de presupuesto parcial, que mostró que el T5 fue el tratamiento con mayor rentabilidad, pues presentó mayor B/C (16803,18 USD) y una R B/C con el mejor índice (2.05 USD), superando al resto de tratamientos.

Palabras clave: Cachama, artemia salina, espirulina.

Abstract

Aquaculture production in Ecuador focuses mainly on the cultivation of marine shrimp and red tilapia, recently, native species such as Cachama (*Colossoma macropomum*) due to its innumerable production and marketing characteristics, have aroused the interest of producers in this sector, however, because this species continues to be studied, in the market there is no balanced food that covers its nutritional requirements, for this reason, the objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of spirulina-enriched saline *Artemia* nauplii in the production of Cachama in fry stage. *Artemia salina* is a micro crustacean that, due to its attractive orange color, movement, and palatability, stimulates the appetite of fish and crustaceans, the growth and development of these, improves thanks to high nutritional value of enriched nauplii. For this study, 360 fry with an initial weight of 92 ± 4.6 mg were used, randomly distributed in 18 experimental units, 6 treatments were evaluated, T1 and T2 (commercial food; 4 and 6 times/day respectively), T3 and T4 (commercial food; 4 and 6 times/day respectively saline artemia) and T5 and T6 (commercial food; 4 and 6 times/day respectively enriched saline artemia). An ANOVA was performed for the morphometric and productive variables, analysis with which at the end of the study significant differences were recorded (Tukey, $p \leq 0.05$) for the different variables analyzed, thus it was evidenced that T5 presented the best results for; weight 36.10 g, width 5.04 cm, FCF 1.34, SGR 78.72%, FCE 5.30%, BWG 1.50 g/day and BCR 2.23, no mortality was recorded for this treatment. To determine the economic profitability, a partial budget analysis was carried out, which showed that T5 was the treatment with greater profitability, since it presented higher benefit/cost (16803.18 USD) and benefit/cost ratio with the best index (2.05 USD), surpassing the rest of treatments.

Keywords: Cachama, artemia salina, spirulina.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

A Sudamérica se le acredita su alta producción y exportación de productos acuícolas, sin embargo, la producción se centra en especies como tilapia, trucha y salmón, Ariede *et al.* (2018). Hace aproximadamente 10 años especialmente en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Venezuela y Ecuador, la Cachama (*Colossoma macropomum*) se ha convertido en un cultivo que cada vez despierta mayor interés debido a su rusticidad, al apetecible sabor de su carne, a su rápida ganancia de peso y sobre todo a la adaptación que tiene tanto a diferentes dietas como al cautiverio, Buzollo *et al.* (2019).

Para Ecuador, la acuicultura además de ser una gran fuente de empleo ha sido una importante actividad generadora de divisas. Según registros, hasta el año 2013 el camarón marino (*Litopenaeus spp.*) y la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) han predominado la producción acuícola del país, pero en la actualidad el cultivo de cachama se ha expandido, presentando un crecimiento productivo positivo y mostrando buenas perspectivas de desarrollo para la acuicultura en el territorio, Valladão *et al.* (2018).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) y la Agenda de Transformación Productiva Amazónica (ATPA) fomentan el cultivo de especies nativas en el Ecuador, debido a que los pobladores de las provincias de la Amazonía si bien se dedican a la producción agrícola y ganadera lo hacen a menor escala por lo tanto cultivar estas especies ícticas resulta una alternativa económica rentable por la aceptación de estos pescados en los mercados locales y a su vez una alternativa pecuaria, Cabezas *et al.* (2017).

El crustáceo braquiópodo *Artemia* es uno de los taxones más antiguos, pues su existencia se registra desde el periodo cretácico inferior, hace aproximadamente 145 millones

de años, Miravalles (2018). En la acuicultura el uso de Artemia se remonta a los años 30 y se usaba principalmente en peces ornamentales en pequeñas cantidades, para el año 1980 su uso aumentó a 100 toneladas métricas anuales, pero en la actualidad debido a la eficiencia de los criaderos de este organismo, se han alcanzado niveles mundiales de 3000 toneladas/año, Wright (2017).

El agotamiento de las fuentes del Gran Lago Salado de Utah, hábitat originario de Artemia, han ocasionado una enorme escasez de este organismo y a su vez una alta demanda de este, por lo tanto, su producción ha incrementado gradualmente a pequeña y gran escala a nivel mundial. En nuestro país desde 1996, CENAIM – ESPOL de la mano de técnicos mexicanos, belgas y ecuatorianos han investigado la producción intensiva de Artemia en estanques para usarla como alimento vivo en el cultivo de camarón, Villamar (2000). Actualmente en todo el territorio la comercialización de Artemia es muy demanda y esto se debe a que permite producir especies acuícolas con un buen desarrollo y sobre todo con una excelente aceptación a nivel internacional Cantos & Weir (2019).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de nauplios de artemia salina enriquecida con espirulina en la producción de Cachama (*Colossoma macropomum*) en etapa de alevinaje, en el subtrópico occidental ecuatoriano.

Justificación

Según la FAO (2020) hasta el año 2018 la producción mundial de pescado alcanzó 178,5 millones de toneladas de peso vivo, de las cuáles 46% corresponden a la acuicultura tanto continental como marina y el 54% restante a la pesca de captura, esta última al ser una práctica con una gestión inadecuada en la que se sobreexplotan los recursos acuáticos se ha estancado, lo que ha impulsado el crecimiento de la acuicultura con una tendencia de aumento a futuro, no obstante, este crecimiento presenta desafíos para la industria, relacionados

principalmente con la oferta de piensos debido a que el suministro de harina y aceite de pescado no puede mantenerse, Acebo (2018).

Por lo anteriormente mencionado, para el correcto desarrollo de peces, las proteínas y los lípidos juegan un papel importante y reemplazar el perfil nutricional de la harina y el aceite de pescado sin comprometer la tasa de crecimiento de los cultivos acuáticos es posible con fuentes alternativas de origen animal y vegetal que provean estos macronutrientes, Hodar *et al.* (2020).

En acuicultura, artemia salina es uno de los organismos vivos más empleados, esto se debe a su valor nutritivo elevado, tamaño, cuerpo blando, movilidad y llamativo color, características que la convierten en un alimento aceptable y apetecible para peces y crustáceos, también a las altas densidades de cultivo y su ciclo de vida corto, por lo tanto, a su disponibilidad y abundancia, sin embargo, como menciona Loayza (2017), es importante tener en cuenta que las concentraciones de proteínas, carbohidratos y lípidos en artemia varían dependiendo de la especie y mediante técnicas como el enriquecimiento este aspecto puede mejorar. Choi *et al.* (2021) definen que enriquecer el alimento vivo, permite producir alimento con un perfil nutricional efectivo que en los peces mejora el crecimiento, la supervivencia y aumenta la tolerancia al estrés causado por el manejo.

Según Cairo (2015) en la parroquia de Nanegal las principales especies acuícolas producidas son la tilapia roja y la tilapia africana. Aunque estos peces dulceacuícolas presentan características que los convierten en excelentes cultivos para la acuicultura, estudios, aunque limitados han demostrado que las tilapias son una de las especies introducidas que, a pesar de su éxito de establecimiento, son altamente invasivas lo que ocasiona graves consecuencias para la ictiofauna nativa, principalmente la supervivencia e integridad genética de estas especies, Jácome *et al.* (2019).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, es importante mencionar que los peces nativos no solo contribuyen a la seguridad alimentaria y a la generación de ingresos económicos sobre todo de las zonas rurales, sino que su cultivo tiene un alto potencial como una actividad rentable para las comunidades, Nature Conservancy (2020).

Por tal razón, el presente proyecto busca incentivar el cultivo de Cachama por ser una especie nativa con muy buen desarrollo y encontrar una alternativa alimenticia, en este caso, artemia como alimento vivo, ya que en el mercado no existe ningún balanceado comercial propio para la especie por lo tanto los productores suelen suministrar balanceado para truchas, para tilapias u otras especies dulceacuícolas y esto se debe a que como la producción de cachama en el Ecuador es mínima, no se han elaborado alimentos que cubran sus necesidades nutricionales y como esta es una especie que tiene preferencias alimenticias frugívoras y zooplanctófagas en esta investigación se ha optado por incluir nauplios de artemia en la dieta del cultivo, para conocer si los parámetros tanto morfométricos como productivos mejoran en la especie. Además se ha planteado proporcionar el alimento balanceado con frecuencias de 4 y 6 veces debido a que como se menciona en un artículo publicado por la FAO (2010), incrementar la frecuencia de alimentación reduce la pérdida de alimentos y de nutrientes, aspecto que se atribuye a la lixiviación de los mismos, mejorando la calidad del agua y manteniendo la calidad del alimento suministrado, al igual que proveer alimento vivo debido a que por ser tan apetecible para los peces, no se descompone y contribuye a mantener una buena calidad del agua.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de la inclusión de nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina en la producción de Cachama (*Colossoma macropomum*) en etapa de alevinaje.

Objetivos Específicos

Analizar el suministro de tres concentraciones de nauplios de artemia salina, sobre los parámetros morfométricos de alevines de Cachama.

Analizar el suministro de tres concentraciones de nauplios de artemia salina, sobre los parámetros productivos de alevines de Cachama.

Estimar la rentabilidad de la inclusión de nauplios de artemia salina como alimento vivo, en la alimentación de alevines de Cachama.

Hipótesis

H0: La inclusión de nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina en la dieta balanceada del cultivo de Cachama en etapa de alevinaje no presenta efectos significativos sobre los parámetros morfométricos y productivos.

H1: La inclusión de nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina en la dieta balanceada del cultivo de Cachama en etapa de alevinaje presenta efectos significativos sobre los parámetros morfométricos y productivos.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Cachama

Generalidades

La Cachama (*Colossoma macropomum*) es un pez originario del río Orinoco y de los ríos de la cuenca amazónica, es muy conocido y comercializado en Brasil, Perú, Colombia, Venezuela y Bolivia, países que comprenden dicha cuenca, Krause *et al.* (2000). En países como Ecuador, Argentina, Costa Rica, México y Panamá, se cultiva este pez de forma experimental, Flores & Brown (2010).

Esta especie dulceacuícola tiene un régimen alimenticio omnívoro con tendencias frugívoras y zooplantófagas, razón por la cual acepta fácilmente frutas como la papaya, el mango, el plátano, la guayaba y semillas silvestres que están a su alcance en su hábitat natural en épocas de invierno cuando los ríos se desbordan, Martínez (1994).

Además, por poseer entre 84 a 107 branquiespinas en su primer arco branquial, tienen una gran capacidad de filtración de agua lo que los convierte en animales capaces de capturar plancton fácilmente, dentro de sus preferencias alimenticias se encuentra el zooplancton, sin embargo, en ambientes controlados se adapta muy bien al suministro de alimento concentrado, Santamaría (2014).

Este pez se caracteriza por ser de carne abundante y muy apetecible, es muy resistente al manejo, además es un animal que por su crecimiento acelerado alcanza excelentes pesos llegando a pesar aproximadamente entre 1 a 1.5 kg al año, lo que lo convierte en una especie con un alto potencial productivo, Flores & Brown (2010).

Taxonomía

Según Flores & Brown (2010) la clasificación taxonómica de la cachama es la siguiente:

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Characiformes
- Familia: Characidae
- Subfamilia: Serrasalminae
- Género: *Colossoma*
- Especie: *Colossoma macropomum*

Morfología

La cachama se caracteriza por presentar un cuerpo romboidal, corpulento, con un dorso de color oscuro, abdomen blanquecino y una leve coloración anaranjada que va desde la mandíbula inferior hasta la aleta anal. Tiene una cabeza grande debido al tamaño del hueso opercular, los ojos de la especie son grandes y saltones, cubiertos por párpados y se encuentran ubicados en la mitad anterior de la cabeza. Posee una boca protráctil, pequeña, con labios gruesos y con dientes incisivos en su interior, adaptados para triturar frutas y semillas y posee una gran cavidad visceral, Barroso (2012).

La piel está cubierta por escamas principales conocidas como cicloideas, que en la etapa de peces adultos son cubiertas por otras escamas llamadas suplementarias. En cuanto a los huesos, la cachama posee espinas intermusculares en forma de horquilla, que sirven de soporte para el pez. Presenta un par de aletas pectorales situadas detrás y bajo los huesos operculares y un par de aletas pélvicas; las aletas impares son la dorsal que se ubica en el

lomo del animal, la aleta adiposa que se caracteriza por ser radiada, la aleta caudal y la aleta anal que está ubicada detrás del ano, Estévez (2018).

Parámetros Medioambientales

Para que la cachama se desarrolle de manera óptima es importante que en el sitio de cultivo se cuente con los siguientes rangos:

Temperatura: el valor óptimo para este parámetro es de 28 – 30 °C, aunque la cachama puede tolerar por cortos periodos, temperaturas inferiores a 22 y superiores a 34 °C, una exposición prolongada influye negativamente, pues sufren estrés, su apetito disminuye, por ende, su crecimiento también se ve afectado e incluso se tornan susceptibles a enfermedades, Atencio (2001).

Oxígeno disuelto: para este cultivo, este parámetro debe mantenerse sobre los 4 mg/L, si el nivel de este gas en el tanque es bajo las cachamas permanecen en la superficie del agua intentando captar más oxígeno, pero cuando se encuentran en esta situación por largos periodos, los animales tienden a desarrollar una expansión del borde inferior carnosos de la boca y en esta condición de estrés los peces reducen su tasa de crecimiento y se vuelven más susceptibles a enfermedades, Oliveira *et al.* (2018).

pH: la cachama tolera un pH mínimo de 5 y un máximo de 7, Oliveira *et al.* (2018).

Dureza y alcalinidad total: rangos aceptables para estos parámetros oscilan entre 40 a 150 mg/L sin embargo los valores óptimos para esta especie se encuentran entre 60 a 80 mg/L de $CaCO_3/L$, Barroso (2012).

Amonio total: debe ser <0,46 mg/L para evitar comprometer el crecimiento de los peces, Oliveira *et al.* (2018).

Requerimientos Nutricionales

El estudio de la nutrición de las especies acuícolas ha evolucionado a lo largo del tiempo, es así como recientemente se han empezado a estudiar especies consideradas poco comunes que tienen un gran potencial para la acuicultura pues esta ciencia cada vez provee más productos al mercado, Vergara (2005).

El objetivo principal del cultivo de peces es incrementar el peso del animal en menor tiempo y en condiciones económicamente rentables, cubriendo los requerimientos tanto metabólicos como fisiológicos de los peces, ofreciéndoles condiciones ambientales favorables y alimentándolos con dietas adecuadas, una dieta de calidad determina el éxito o fracaso de la producción, ya que la nutrición influye en aspectos tales como la salud, el comportamiento, la reproducción y el crecimiento de los organismos, Vergara (2005).

En la tabla 1 se muestra el cálculo de raciones alimenticias para cachama.

Tabla 1

Ración alimenticia para el cultivo cachama

Día de cultivo	Peso promedio peces (g)	Tasa alimenticia diaria (%)
1	2	10.00
7	7	8.93
14	14	7.68
21	20	6.67
28	26	5.50
35	33	4.87
42	40	4.63
49	48	4.40
56	55	4.17
63	67	3.95

Nota. Recuperado de González (2001).

González (2001) menciona que, para el contenido proteico del alimento respecto al día del cultivo, es recomendable que el porcentaje de éste, para esta especie sea de la siguiente

manera: 45% de proteína hasta la tercera semana de vida de las cachamas, un 38% desde la cuarta hasta la novena semana de vida del cultivo, un 32% de proteína desde la décima hasta la décima cuarta semana y un 24% de este macronutriente desde la décima quinta semana del cultivo en adelante.

Este autor también indica que el suministro del alimento debe realizarse todos los días como se describe a continuación, durante el primer mes se debe dar el alimento a la cachama, tres veces al día, el segundo mes se debe reducir la ración a dos veces al día y del tercer mes en adelante el alimento se debe suministrar una o dos veces al día.

Las proteínas y los aminoácidos forman parte importante del cuerpo de los animales pues son fuente de crecimiento y un constituyente básico celular, Santamaría (2014), el suministro de estos nutrientes dependerá de la etapa en la que se encuentre el individuo, se requiere mayor suministro de estas en alevines que en peces adultos, el déficit de aminoácidos esenciales en las proteínas suministradas retardará el crecimiento, Benítez (2012).

Tabla 2

Ración alimenticia para el cultivo cachama

Aminoácidos esenciales	(%)
Arginina	4,3
Histidina	1,6
Isoleucina	2,2
Leucina	3,2
Lisina	2,3
Metionina	2,3
Fenilalanina	4,1
Treonina	2,2
Triptófano	0,5
Valina	2,8

Nota. Recuperado de Benítez (2012).

Los requerimientos nutricionales específicos para cachama aún no se han determinado y continúan siendo objeto de estudio, sin embargo, a continuación, se muestra información de referencia que se ha utilizado para este cultivo, en diferentes investigaciones.

Tabla 3

Requerimientos nutricionales de Cachama

Nutrientes	Alevines a juveniles	Crecimiento y engorde	Reproductor
Proteína % min.	30,00	25,00	30,00
Lípidos % min.	8,00	5,00	5,00
Calcio % min.	0,80	0,50	0,80
Calcio % máx.	1,50	1,80	1,50
Fósforo disponible % min.	0,60	0,50	0,60
Fósforo disponible % máx.	1,00	1,00	1,00
Metionina + Cistina 50/50 % min.	1,00	0,90	1,00
Lisina % min.	2,00	1,60	1,80
Energía digestiva c/100 mg	310,00	280,00	280,00

Nota. Recuperado de Apaza (2019).

Apaza (2019) define que la energía no es un nutriente, sino que se libera de la oxidación metabólica de los lípidos, las proteínas y los carbohidratos que ingieren los organismos de la dieta que se les suministra, por lo tanto, las raciones alimenticias deben contener un nivel energético adecuado pues un exceso o déficit puede reducir considerablemente la tasa de crecimiento. Este autor también menciona que el alimento no solo nutre y contribuye al correcto desarrollo de los animales, sino que a su vez satisface las necesidades energéticas para que los animales del cultivo puedan cumplir con las actividades diarias y con importantes procesos como el crecimiento y la reproducción.

Alimento vivo para la acuicultura

Se conoce como alimento vivo al grupo de organismos planctónicos ya sean microorganismos unicelulares como levaduras, microalgas y bacterias, zooplancton y organismos del bentos o necton, que pueden ser aprovechados como alimento natural tanto para peces como para crustáceos y que pertenecen a diferentes grupos taxonómicos, Castro *et al.* (2003).

En el desarrollo de la acuicultura, el alimento vivo constituye un recurso importante ya que la presencia de este tipo de organismos en el ambiente acuático determina la calidad del agua y crea una relación directa con el correcto desarrollo del cultivo, Prieto (2006).

En acuicultura es importante la composición bioquímica del alimento vivo, porque este contiene elementos nutritivos que aseguran el desarrollo adecuado y la sobrevivencia de las especies, Prieto *et al.* (2006). El alimento vivo es de gran importancia porque además de su alto valor nutricional, posibilita una mayor variación de la dieta, lo que resulta en un estímulo del apetito de los organismos del cultivo de interés y por ende una mejora significativa del crecimiento y de la producción acuícola, Prieto (2006).

Stottrup & McEvoy (2003), mencionan que el alimento vivo es capaz de nadar y mantenerse en la columna de agua, lo que hace que constantemente esté disponible para las larvas y los alevines de peces, a diferencia del alimento comercial que tiende a quedarse en la superficie o a sedimentarse rápidamente, perdiendo sus características y siendo menos disponible para los depredadores. Otro aspecto importante del alimento vivo es que los organismos que lo comprenden tienen un alto contenido de agua y un exoesqueleto delgado, que lo vuelven más apetecible para los peces y crustáceos, en comparación con el balanceado comercial que es duro y seco.

Artemia Salina

Artemia Salina es un micro crustáceo braquiópodo de tamaño pequeño que en su etapa adulta puede alcanzar hasta 2 cm de largo, estos microorganismos prefieren hábitats de salinidad alta, aunque también se adaptan muy bien en medios con menor salinidad, además, resisten muy bien en aguas con baja concentración de oxígeno, Castro (2012).

La artemia se caracteriza por ser el único organismo marino con un alto porcentaje de proteína que puede superar el 50% y con un alto contenido de lípidos y ácidos grasos esenciales, en la acuicultura este es un alimento vivo de excelente calidad por sus características de rápido desarrollo, por su pequeño tamaño y sobre todo por su alto valor nutritivo, Torrentera & Tacon (1989). Su distribución mundial se da por medio de los cystos y los principales medios de dispersión son las aves migratorias, el viento o la introducción que se realiza con fines comerciales, Villamar (2000).

Este organismo se caracteriza por ser un animal filtrador de partículas de algas y alimento vegetal menor a 50 micras, en las primeras etapas de vida realiza este proceso con las antenas, en las etapas posteriores lo realiza con los thoracópodos que son una serie de apéndices similares en forma de brazos, en la parte anterior – lateral del cuerpo, es también un animal no selectivo porque absorbe cualquier sustancia del agua sin selección alguna y es continuo porque durante todo el día pasa comiendo y digiriendo continuamente, Villamar (2000).

Un aspecto muy importante de artemia es que presenta dos tipos de reproducción: bisexual, con presencia de machos y hembras y partenogenética en la cual la presencia de los machos es testimonial, Torrentera & Tacon (1989), en ambos tipos de reproducción las hembras pueden dar lugar a huevos ovíparos u ovovivíparos, en ambos el individuo se forma dentro de un huevo, sin embargo, se diferencian en que en los primeros el desarrollo se pausa

en estado final de blástula o estado inicial de gástrula y se cubren del corión que procede de las glándulas de la cáscara, resultando en cystos, en los ovovivíparos, el desarrollo embrionario se completa dentro del útero lo que da como resultado nauplios completamente formados, Ruiz (2008).

Según Crisóstomo & Band (1999) la calidad nutricional de la artemia depende del alimento que se le suministre, los principales géneros de microalgas que cumplen con los requerimientos nutricionales y que frecuentemente se utilizan como alimento para Artemia se mencionan a continuación.

- De la familia *Chlorophyceae*: *Chlamydomonas* sp., *Chlorella* sp., *Dunaliella* sp.
- De la familia *Chrysophyceae*: *Chrysochromulina* sp.
- De la familia *Bacillariophyceae*: *Cyclotella* sp, *Rhizosolenia* sp.
- De la familia *Cyanophyceae*: *Spirulina* sp.

Taxonomía

Según Asem *et al.* (2010) la clasificación taxonómica de Artemia es la siguiente:

- Reino: Animalia
- Filo: Arthropoda
- Subfilo: Crustacea
- Clase: Branchiopoda
- Orden: Anostraca
- Familia: Artemiidae
- Género: Artemia
- Especie: *A. salina*, *A. monica*, *A. urmiana*, *A. franciscana*, *A. persimilis*, *A. sinica*, *A. tibetiana*, *A. parthenogenetica*.

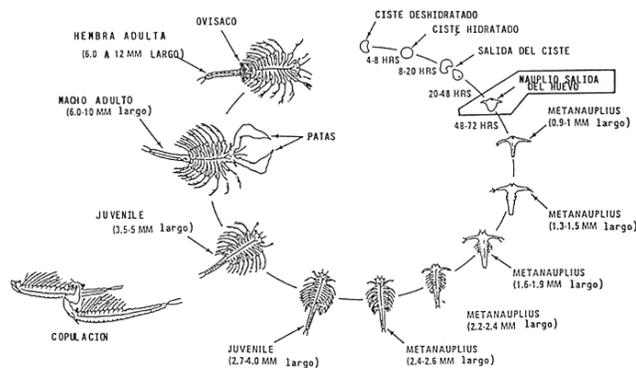
Ciclo Biológico

El ciclo de artemia puede empezar con un ciclo de vida bisexual o con uno asexual, para el primero es necesaria la presencia tanto de machos y hembras para la fertilización de los huevos, a este ciclo se le denomina también anfigónico, mientras que para el ciclo asexual denominado también partenogenético se requiere solo hembras, sin embargo, independientemente de la población, las hembras pueden dar origen a huevos ovíparos u ovovivíparos, dependiendo de las condiciones del medio, Lecaro (2021).

Luego de la puesta de los cystos bicóncavos en agua de mar, lagos salados o estanques, estos al hidratarse toman una forma esférica y el embrión recobra su proceso metabólico, transcurridas aproximadamente 24 horas la membrana externa se rompe, dando lugar al embrión cubierto por la membrana de eclosión, en la que se completa el desarrollo del nauplio, horas después esta membrana se rasga y el nauplio sale de ella para nadar libremente, Ledesma (2017).

Figura 1

Ciclo de vida de *Artemia*



Nota. Tomado de FAO (1988).

A continuación, se mencionan los estadios de artemia salina:

Nauplio I o Primer estadio larvario: nauplios de coloración anaranjada, con una longitud de 400 a 500 μm , para este estado larvario el aparato digestivo todavía no es funcional, razón por la cual el nauplio no lleva a cabo un proceso de alimentación exógena, sino que lo hace de la acumulación de sus reservas vitelinas, Ledesma (2017).

Segundo estadio larvario: el nauplio llega a este estado después de transcurridas 10 horas, para este entonces su aparato digestivo ya es funcional y se alimenta de pequeñas partículas de bacterias, detritos y microalgas de hasta 40 μm , Ledesma (2017).

La larva sigue creciendo y desarrollando apéndices lobulares, que al llegar al estadio de **metanauplio** se convierten en thoracópodos, en esta etapa desarrollan también ojos laterales complejos, de este estadio en adelante se producen cambios importantes para la diferenciación sexual, el segundo par de antenas pierde su función locomotriz y filtradora, desarrollándose en los machos apéndices curvados y en las hembras apéndices sensoriales, Ledesma (2017).

Adultos: las poblaciones bisexuales miden hasta 1 cm mientras que las partenogénicas alcanzan hasta 2 cm de longitud, en esta etapa ya se observa un alargamiento del cuerpo y un aparato digestivo lineal, 11 pares de thoracópodos bien diferenciados y antenas características en machos y hembras como se mencionó previamente en el estadio de metanauplio, además de la diferenciación de sexos por la presencia de antenas musculares en los machos, en las hembras se puede observar el ovisaco o saco de puesta ubicado detrás del décimo primer par de thoracópodos, Ledesma (2017).

Parámetros Ambientales

Según Reyes *et al.* (2021), los valores de los parámetros ambientales para la eclosión de los quistes de artemia son los siguientes:

Temperatura: para que el proceso de eclosión se dé de manera adecuada y sin inconvenientes, es recomendable que la temperatura sea de 28 °C valores por debajo de este, retardan la eclosión.

Salinidad: la mayoría de los autores recomiendan que este parámetro oscile entre 34 a 35 ppt, lo que se considera salinidad de agua de mar, sin embargo, estudios han demostrado que se puede aumentar la tasa de eclosión hasta rangos de 5 ppt.

Oxígeno disuelto: el valor óptimo para una máxima eclosión es de 2 mg/L.

Densidad de quistes: el valor máximo es de 5 g/L.

Iluminación: este parámetro debe oscilar entre 1500 – 2500 Lux.

pH: el pH óptimo se encuentra entre 7 – 8.

Composición Bioquímica

Artemia salina ha sido utilizada como alimento natural en acuicultura debido a la gran cantidad de proteínas y a la amplia gama de aminoácidos y de ácidos grasos que contiene, por lo tanto, la calidad de este alimento se basa tanto en sus grandes cualidades nutricionales como en la transferencia de estos nutrientes a los animales del cultivo de interés, Navarro *et al.* (2009).

A continuación, se muestra el análisis proximal de Artemia.

Tabla 4

Composición y valor nutricional de Artemia Salina

Indicadores e ingredientes	Unidad de medida	Valor
Humedad	%	85-90
Ceniza	%	9-20
Proteína	%	52-74
Carbohidratos	%	7-17
Glucógeno	%	2-9
Lípidos	%	8-16

Indicadores e ingredientes	Unidad de medida	Valor
Fosfolípidos	%	4-6
Colesterol	%	0.5-0.9

Nota. Recuperado de Villamar (2000).

Zazurca (2020) menciona que la importancia de la composición bioquímica del alimento vivo radica en la presencia de elementos nutritivos, necesarios para el correcto desarrollo y supervivencia de los depredadores.

Aporte de minerales, vitaminas y aminoácidos de artemia

Minerales

El agua y el alimento disponible que se encuentra en el medio en el que habita artemia contiene la mayoría de los minerales que componen a este organismo. Castro B *et al.* (2003) en su estudio indican que el hierro es el mineral con mayor concentración en las diferentes poblaciones analizadas de artemia salina, además menciona que, en condiciones naturales los nauplios alcanzan concentraciones de 358 µg/g Fe, mientras que si se la produce bajo condiciones de laboratorio puede lograr hasta 1469.16 µg/g Fe, le siguen, el zinc con una concentración de 155.47 µg/g Zn, el cobre con 101.76 µg/g Cu y el manganeso en menor concentración con 28.76 µg/g Mn, por lo tanto la concentración dependerá del origen de la cepa, de si el lugar en el que habita es rico o no en minerales y de cómo se la produzca.

Vitaminas

Stottrup & McEvoy (2003) indican que artemia salina tiene altos niveles de este microelemento, incluso más que el zooplancton marino natural y que es capaz de cubrir los requisitos nutricionales mínimos de las larvas y los alevines de peces.

Tabla 5*Aporte de vitaminas de artemia en diferentes estados de desarrollo ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco)*

Aminoácidos	Quistes	Nauplios	Adultos
Ácido ascórbico C	-	692 \pm 89	49
Tiamina	7.13	7.5 \pm 1.1	27
Riboflavina B2	23.2	47.3 \pm 6.0	17
Niacina B3	108.7	187 \pm 8	130
Ácido pantoténico B5	72.6	86 \pm 19	68
Vitamina B6	10.5	9.0 \pm 5.0	-
Biotina	-	3.5 \pm 0.6	1
Folato	-	18.4 \pm 3.4	1
Vitamina B12	-	3.5 \pm 0.8	3

Nota. Recuperado de Stottrup & McEvoy (2003).**Aminoácidos**

Stottrup & McEvoy (2003) establecen que en artemia salina el perfil de proteína y las concentraciones de los 10 aminoácidos esenciales contienen las concentraciones suficientes, necesarias para larvas y alevines de peces y, además, fluctúan menos entre cepas, a diferencia de los lípidos.

Tabla 6*Aporte de aminoácidos de artemia en diferentes estados de desarrollo (g 100 g⁻¹ proteína)*

Aminoácidos	Quistes	Nauplios	Juveniles y adultos
Ácido aspártico	8.6	7.6-9.4	5.8-10.5
Treonina	4.1	4.3-5.2	2.4-6.3
Serina	6.3	5.2-5.5	2.6-6.2
Ácido glutámico	10.3	11.2-12.3	7.5-13.9
Prolina	5.0	4.2	3.3-10.9
Glicina	4.0	4.0-4.9	2.7-11.0
Alanina	5.1	4.4-5.1	3.6-6.7
Cisteína	1.3	1.1-1.6	0.1-2.3

Aminoácidos	Quistes	Nauplios	Juveniles y adultos
Valina	4.9	4.9-5.9	3.2-7.4
Metionina	2.1	2.3-1.9	0.7-2.3
Isoleucina	4.4	4.7-5.3	3.0-6.3
Leucina	6.0	6.5-7.4	4.5-8.2
Histidina	2.7	2.5-3.5	1.3-3.6
Lisina	7.1	7.3-8.1	4.2-9.9
Arginina	6.4	6.8-16.1	2.7-82

Nota. Recuperado de Stottrup & McEvoy (2003).

Fuentes de PUFAs y HUFAs

Según Zazurca (2020), dependiendo de la cepa y de la alimentación, artemia tiene diferentes concentraciones de ácidos grasos y según el contenido, puede utilizarse para dos tipos de alimentación en los peces, especies dulceacuícolas que principalmente requieren ácidos grasos altamente insaturados HUFAs; como el ácido linolénico (18:3w3), ácido linoleico (18:2w6) y ácido graso omega 6 (20:4w6) y especies marinas que en su alimentación necesitan mayormente, ácidos grasos poliinsaturados PUFAs; como el ácido eicosapentaenoico (20:5w3) y el ácido docosahexaenoico (22:6w3). De acuerdo con el enriquecimiento que artemia reciba, tendrá la capacidad de variar su composición bioquímica.

Tabla 7

Composición de ácidos grasos de artemia en quistes y nauplios (%)

Ácidos grasos	Quistes	Nauplios
14:0	2.4	2.3
15:0	0.6	1.2
16:0	21.5	23.6
16:1	10.7	5.7
17:0	2.3	1.4
17:1	4.1	2.4
18:0	7.1	10.8
18:1	30.1	30.1

Ácidos grasos	Quistes	Nauplios
18:2	9.1	9.2
18:3	2.0	2.3
20:4	3.3	3.0
20:5	1.4	2.0

Nota. Recuperado de G. Navarro *et al.* (1997).

Espirulina

La cianobacteria multicelular y filamentosa *Arthrospira platensis* es una microalga verde – azul de aspecto helicoidal que se utiliza como alimento o como suplemento natural alimenticio por su elevada concentración de macronutrientes, micronutrientes y pigmentos antioxidantes, Velayudhannair *et al.* (2014).

Arthrospira platensis se caracteriza por adaptarse fácilmente a diferentes ambientes, en la naturaleza se la puede encontrar en agua salada, agua dulce, agua salobre e incluso en el suelo, las condiciones alcalinas con pH 11 son ideales para el predominio de esta microalga, Grosshagauer *et al.* (2020).

Composición Bioquímica

La microalga *Arthrospira platensis* tiene una gran capacidad para almacenar nutrientes esenciales que se detallan a continuación:

Tabla 8

Contenido de proteínas y aminoácidos de Arthrospira platensis

Proteína y Aminoácidos	g/100g
Proteína	57,47
Triptófano	0,92
Treonina	2,97
Isoleucina	3,2

Proteína y Aminoácidos	g/100g
Leucina	4,9
Lisina	3,02
Metionina	1,14
Fenilalanina	2,7
Tirosina	2,5
Valina	3,5

Nota. Recuperado de Seyidoglu *et al.* (2017).

Tabla 9

Contenido de micronutrientes de Arthrospira platensis

Vitaminas	mg/100g	Minerales	mg/100g
Provitamina A	2330*103 IU/kg	Calcio	700
Vitamina E d-a-tocoferol	5,0	Cromo III	0,28
Tiamina B1	3,5	Cobre	1,2
Riboflavina B2	4,0	Hierro	100
Niacina B3	14,0	Magnesio	400
Vitamina B6 Piridoxina	0,8	Manganeso	5,0
Vitamina B12 Cobalamina	0,32	Fósforo	800
Ácido fólico	0,01	Potasio	1400
Biotina	0,005	Sodio	900
Ácido pantoténico	0,1	Zinc	3,0
Vitamina K	2,2		

Nota. Recuperado de Seyidoglu *et al.* (2017).

Tabla 10

Contenido de ácidos grasos y pigmentos de Arthrospira platensis

Ácidos Grasos	(%)	Pigmentos	mg/100g
Ácido mirístico	0,23	Carotenoides	370
Ácido palmítico	46,07	Clorofila-a	1000
Ácido palmitoleico	1,26	C-Ficocianina	14000
Ácido oleico	5,26		
Ácido linoleico	17,43		

Nota. Recuperado de Seyidoglu *et al.* (2017).

Importancia en Acuicultura

Torres *et al.* (2019) mencionan que la inclusión parcial de espirulina en cultivos de peces tiene efectos positivos sobre el sistema inmune, la respuesta antioxidante y la mejora de la calidad del filete del pez, por la gran cantidad de compuestos bioactivos, como ficocianinas, carotenoides, y ácido γ -linoleico.

Enriquecimiento de artemia salina con espirulina

El valor nutricional de Artemia bajo condiciones de cultivo está directamente relacionado con el suministro de alimento. En el sector acuícola, el estado de salud de los animales, el crecimiento, la reproducción y la supervivencia dependen de la dieta suministrada. La importancia del valor nutricional de Artemia se debe a la composición de ácidos grasos y de proteínas, si el perfil de estos es deficiente, repercutirá en el crecimiento y en la supervivencia del cultivo de interés, Balderas *et al.* (2008).

El uso de espirulina mejora la flora bacteriana intestinal de los animales, con esto no solo se logra una mayor producción de vitaminas y el desplazamiento de bacterias nocivas para el organismo, sino que también se consigue que aquellos compuestos de difícil digestión contenidos en los alimentos se desintegren con mayor facilidad, lo que hace más eficiente la conversión alimenticia. En la nutrición de peces y crustáceos, enriquecer Artemia con espirulina principalmente mejora el crecimiento y el rendimiento de supervivencia por el incremento del contenido de proteínas, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, De Lara *et al.* (2005). Velayudhannair *et al.* (2014) afirman que los nauplios de artemia en estadio Instar II una vez enriquecidos con espirulina, alcanzan un 62,38% de proteína, comparado con un 55,2% que tienen los nauplios de artemia sin enriquecer.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de investigación

Ubicación Política

El presente proyecto de investigación se realizó en el Centro Piscícola de Nanegal, ubicado en el noroccidente de la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Nanegal, administración zonal La Delicia, vía a Marianitas y en el Laboratorio de Acuicultura de la Carrera Agropecuaria IASA I ubicado en la Hacienda “El Prado”, provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, barrio San Fernando.

Ubicación Geográfica

El Centro Piscícola se encuentra a una altitud de 1199 m.s.n.m. sus coordenadas son 0°08'00.5"N 78°39'55.1"W. Nanegal limita al Norte con la provincia de Imbabura, al Sur con la parroquia de Nono, al Este con las parroquias San José de Minas y Calacalí y al Oeste con las parroquias Gualea y Nanegalito. La Carrera de Ingeniería Agropecuaria - IASA I se encuentra a una altitud de 2748 m.s.n.m. a una latitud de 0°23'15.66"S y longitud de 78°24'51.40"O.

Ubicación Ecológica

Nanegal cuenta con una zona ecológica Montano Bajo y Premontano y una zona de vida de Bosque Húmedo, por la ubicación geográfica de esta parroquia se identifican varias zonas bioclimáticas: húmedo subtropical, húmedo temperado, muy húmedo sub temperado, lluvioso temperado, muy húmedo temperado y subhúmedo temperado. El clima es cálido, la temperatura oscila entre una máxima de 28°C y una mínima de 18°C, cuenta con una precipitación de 2058,2 mm/año. La parroquia se caracteriza por sus suelos alofánicos de color negro, de origen volcánico, sin presencia de limo y con gran capacidad de retención de agua. La Hacienda “El Prado” cuenta con una zona ecológica Montano Bajo y una zona de vida

Bosque Húmedo, presenta una temperatura promedio anual de 13°C, una HR promedio de 64% y una precipitación anual de 1531 mm.

Figura 2

Vista satelital del área de estudio



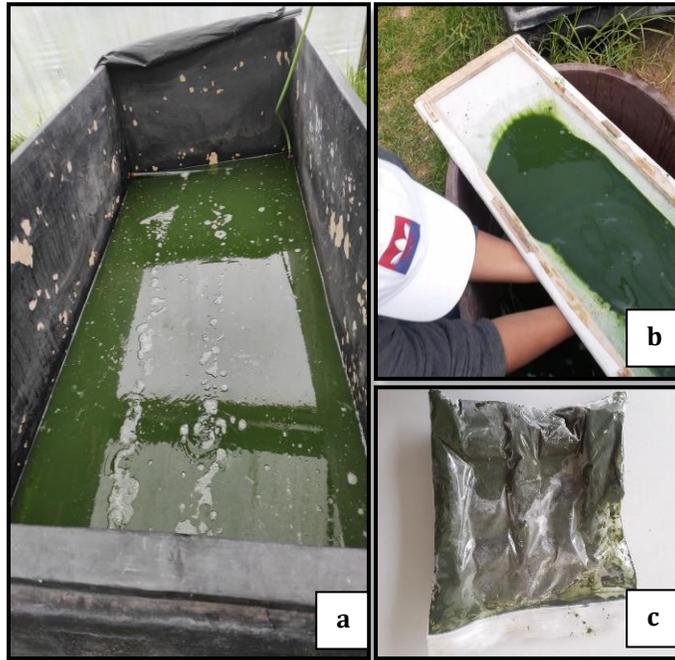
Nota. a) Centro Piscícola Nanegal, b) Laboratorio de recursos acuáticos IASA I, Obtenido de (Google Maps, 2021).

Producción de espirulina (*Arthrospira platensis*)

Para la obtención de la biomasa húmeda de esta microalga se trabajó en el invernadero del proyecto de acuicultura (Pailones). En un estanque previamente instalado, en el que ya se había sembrado espirulina, se continuó con la producción de esta. La recolección de espirulina se efectuó 1 vez a la semana durante 6 semanas, después de cada cosecha se realizó una realimentación con 1g de kristalon rojo, 10g de bicarbonato de sodio y 5g de sal por cada litro de espirulina cosechada, esta se conservó en fundas plásticas ziplock a -18°C en un congelador industrial y se fue utilizando conforme avanzaba la investigación.

Figura 3

Realimentación, cosecha y conservación de espirulina



Nota. a) Estanque con espirulina, b) Cosecha y c) Conservación de biomasa húmeda.

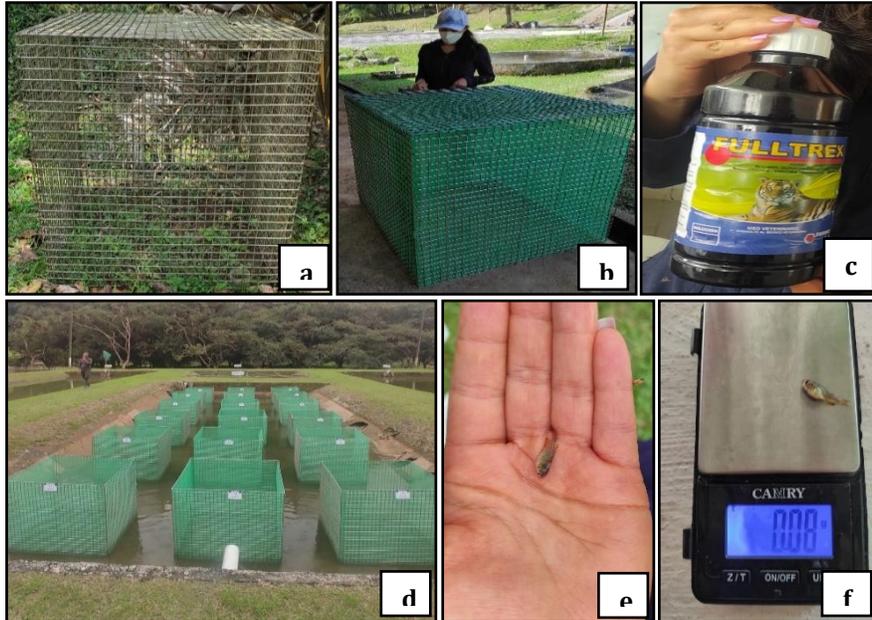
Instalación del proyecto y siembra de alevines

El establecimiento del sistema inició con la limpieza y el recubrimiento de 18 jaulas de $1m^3$, utilizando 90m de malla plástica de $3x3mm$ de diámetro, seguido se desinfectó el estanque de 18m de largo x 9m de ancho x 1,5m de profundidad con el producto Fulltrex para combatir la presencia de virus, hongos, bacterias y esporas, la dosificación utilizada fue de $2,5ml/l$ en una bomba de 20 litros, se dejó actuar por 24 horas y se enjuagó con abundante agua. Se colocaron las jaulas previamente rotuladas y se sembraron los alevines de Cachama (*Colossoma macropomum*) con un peso promedio de 92 ± 4.6 mg y con una densidad de carga animal de 20 alevines/jaula, estos se compraron al proveedor Acuatilsa y se aclimataron dejando las bolsas que los contenían dentro del estanque durante un período de 20 minutos

para equiparar la temperatura del agua de las bolsas con la temperatura del estanque y evitar tener problemas de mortalidad.

Figura 4

Instalación del proyecto



Nota. a) Jaula de $1m^3$, b) Jaula recubierta, c) Fulltrex, d) Instalación de las jaulas en el estanque, e y f) Alevines de Cachama.

Eclosión de artemia salina

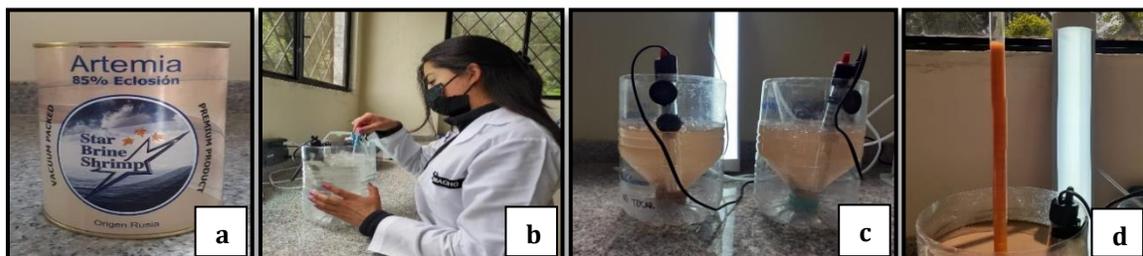
Los quistes de artemia se adquirieron al comprar el producto comercial Star Brine Shrimp (Artemia star) con un 85% de eclosión a la empresa Starssa. Para propiciar el ciclo natural y el nacimiento de los nauplios de artemia el proceso de eclosión se realizó en 2 fases:

La primera consistió en optimizar el protocolo de eclosión en el laboratorio de recursos acuáticos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria (IASA I) durante un periodo de 3 semanas y la segunda fase se llevó a cabo en el laboratorio del Centro Piscícola de Nanegal por un lapso de 100 días, de la siguiente manera:

Se utilizaron 2 bombas de oxigenación de 4 y 2 salidas de aire respectivamente, 9 metros de manguera que se cortaron en 6 partes iguales de 150 cm cada una, 6 difusores de oxígeno de partícula pequeña, 2 luminarias de 1500 lúmenes cada una, 1 báscula de precisión y 6 artemieros de plástico de 6 litros de capacidad cada uno, estos se elaboraron cortando la base de los botellones de agua y sobreponiendo la parte superior de cada botella sobre cada base. Para la eclosión de los quistes se procedió de la siguiente manera; en cada artemiero se colocaron 2 litros de agua, se verificó que esta se encuentre a una temperatura de 26 a 28°C, por cada litro de agua se agregaron 25g de sal en grano asegurando su total disolución, logrando una salinidad de 25 a 30 ppt, además se verificó con un multiparamétrico que la mezcla se encuentre en un rango de alcalinidad de 7.5 a 8.5, posteriormente en la parte inferior del artemiero se colocó un difusor de piedra adaptado a una manguera para proporcionar oxigenación constante y así evitar la sedimentación de los huevos de artemia, por cada litro de agua se pesaron 1.5g de quistes de artemia que se adicionaron a la solución salina y se ubicaron las luminarias detrás de cada artemiero, este proceso se completó al tapar cada recipiente con papel aluminio, así se evitó que mosquitos y mariposas se coman los cystos y los nauplios eclosionados, la producción de artemia fue de 6 litros diarios y la siembra se realizó cada día a las 09h00.

Figura 5

Implementación y optimización del sistema de eclosión de artemia salina (Primera fase)



Nota. a) Producto comercial Star Brine Shrimp, b) Adición de artemia salina al medio, c) y d) Nauplios de artemia salina, recién eclosionados (coloración naranja).

Figura 6

Adecuación del sistema de eclosión de artemia salina (Segunda fase)



Nota. a) Medición de los parámetros del medio, b) Oxigenación constante del medio, c) Pesaje de 2g de artemia/litro de agua y d) Implementación de artemieros.

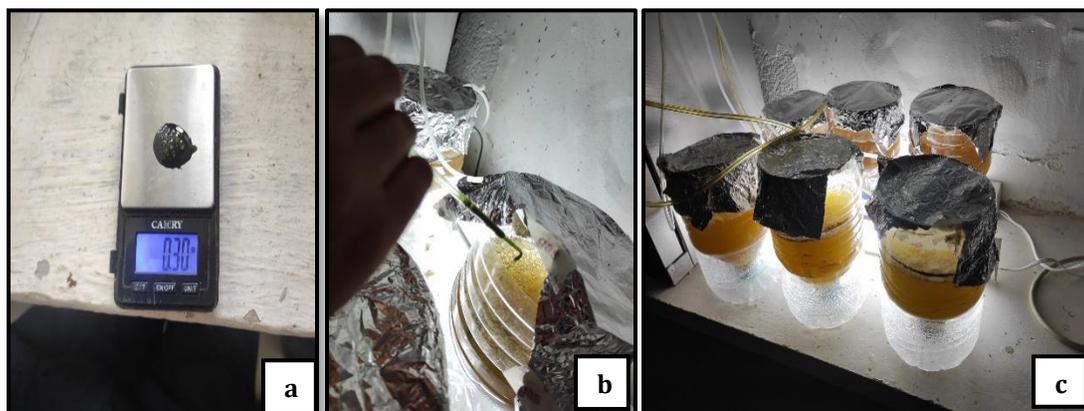
Enriquecimiento de los nauplios de artemia salina

El enriquecimiento de los nauplios se realizó en la etapa Instar II ya que en este estado larvario las artemias ya cuentan con su sistema digestivo funcional. La alimentación de los nauplios se realizó a 3 de los 6 litros producidos diariamente, a las 10 y a las 22 horas después de la eclosión, debido a que tanto muy temprano por la mañana como en horas de la noche realizan una mayor filtración del alimento, ya que sus movimientos natatorios producen corrientes en el agua que llevan las partículas hacia su boca, permitiendo una mayor captación del alimento. Este proceso se efectuó utilizando 0,6g de espirulina; dividida en 0,3g en la mañana y 0,3g en la noche, esta microalga se utilizó por las altas concentraciones de proteína

que contiene y debido a que, de acuerdo con la alimentación suministrada, la artemia presenta la capacidad de modificar su composición, mejorando su valor nutricional y su digestibilidad.

Figura 7

Suministro de espirulina a artemia salina



Nota. a) Pesaje de 0,3g de espirulina, b) Suministro de espirulina a los nauplios de artemia y c) Diferenciación de coloración de nauplios enriquecidos (parte anterior de la figura) y no enriquecidos (parte posterior de la figura).

Cosecha de los nauplios de artemia salina

Transcurridas 24 horas se verificó la eclosión de los quistes (nauplios Instar I) con una pipeta Pasteur y se esperaron 10 horas más para llevarlos a la etapa (nauplios Instar II), así 3 de los 6 litros diarios producidos fueron enriquecidos con espirulina.

Para cosechar los nauplios se desconectó la bomba de oxigenación y se esperó un minuto aproximadamente con el fin de que se formen 3 capas, una en la parte superior formada por las cápsulas vacías (corión), una en el medio, de los nauplios listos y la tercera en el fondo del artemiero, sitio en el que se concentran los huevos que aún no han eclosionado por ser más pesados, seguido de esto se sifonó el medio con una manguera para únicamente sacar los nauplios en etapa Instar II y se pasó el contenido por un filtro de café para enjuagarlos con agua dulce.

Dependiendo del medio en el que viva el depredador al que se le va a suministrar artemia se enjuagan los nauplios, no existe ningún riesgo de mortalidad instantáneo si se los cambia a un medio de agua dulce ya que pueden vivir en él, durante aproximadamente 5 horas, debido a que sus fluidos corporales tienen un contenido constante y bajo de sal.

Figura 8

Verificación de eclosión de nauplios Instar I y cosecha de nauplios Instar II



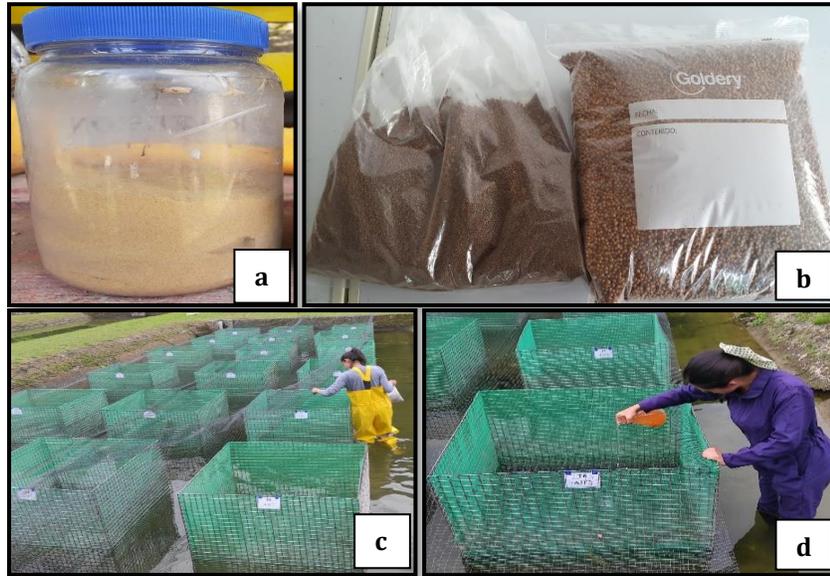
Nota. a) Observación de nauplios Instar I en el microscopio, b) Observación de nauplios Instar II en el microscopio y c) Lavado de los nauplios.

Alimentación de alevines

La alimentación se realizó utilizando el alimento balanceado marca Nutra y el alimento balanceado marca Piscis, estos se suministraron bajo 2 frecuencias, una cada dos horas para los tratamientos 1, 3 y 5 y otra, cada hora y media para los tratamientos 2, 4 y 6; ambas frecuencias a partir de las 09h00. El alimento vivo se proporcionó una vez al día, medio litro diario sin enriquecer para los tratamientos 3 y 4 y medio litro diario enriquecido con espirulina para los tratamientos 5 y 6.

Figura 9

Suministro de alimento balanceado y de artemia salina



Nota. a) y b) Alimento balanceado para diferentes etapas, c) Suministro de balanceado comercial y d) Suministro de artemia salina.

Análisis del agua (nitritos, nitratos y amonio)

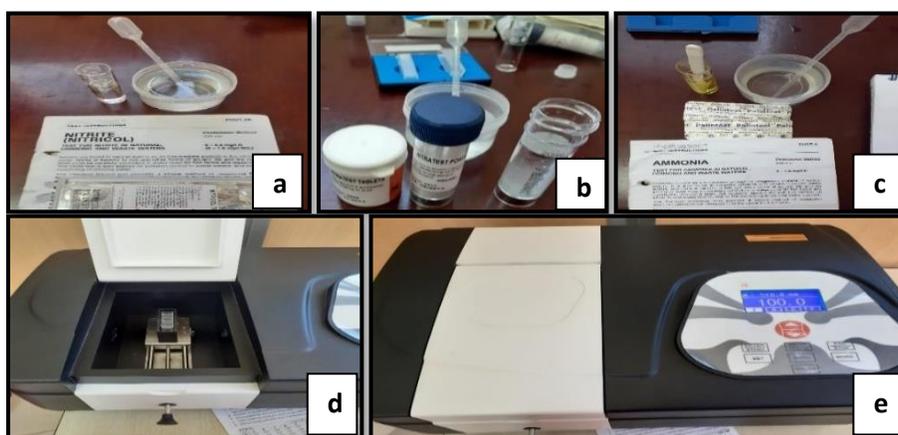
Este proceso se realizó cada 15 días, tomando una muestra de agua del estanque, en un frasco de 100 mL de capacidad y se llevó al laboratorio de recursos acuáticos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Para este análisis se utilizó el Kit de Palintest.

Para analizar la cantidad de nitritos del agua se agitó la muestra para homogenizarla, con una pipeta Pasteur se colocaron 10 mL de agua en un tubo de ensayo, se añadió una tableta de Nitricol y se la trituro hasta disolverla, se dejó reposar la muestra durante 10 minutos, se calibró el espectrofotómetro a 520 nm, se introdujeron 2 cubetas de espectrofotometría, una con agua destilada (blanco) para tarar el espectrofotómetro y otra con el contenido de la muestra, se leyó el resultado y con la carta de calibración de Nitricol se transformó a mg/L N y este valor se multiplicó por el factor de conversión 3,3 para pasarlo a mg/L NO_2 .

Para el análisis de nitratos se colocaron 20 mL de agua en un tubo de ensayo, se añadieron una cucharita colmada de polvo de Nitratest y una tableta de Nitratest y se batió el tubo durante un minuto, se dejó reposar el contenido por 1 minuto y después gentilmente se agitó el tubo 4 veces para ayudar a la floculación, se dejó reposar nuevamente el tubo de ensayo durante 2 minutos, se tomó 10 mL de sobrenadante y se colocó en otro tubo de ensayo, posteriormente se añadió una tableta de Nitricol y se la trituró, se esperó 10 minutos y se seleccionó una longitud de onda de 570 nm en el espectrofotómetro, se leyó el resultado y con la carta de calibración de Nitratest se transformó a mg/L N, finalmente este valor se multiplicó por el factor de conversión 4,4 para pasarlo a mg/L NO_3 . Para el análisis de amonio se colocaron 10 ml de agua en un tubo de ensayo, se añadieron 2 tabletas, una de amonio N°1 y una de amonio N°2 y se trituraron hasta disolverlas, se dejó reposar la muestra durante 10 minutos, se calibró el espectrofotómetro a 640 nm, se introdujeron 2 cubetas de espectrofotometría, se leyó el resultado, con la cartilla de calibración se transformó a mg/L N y el valor obtenido se multiplicó por el factor de conversión 1,3 para pasarlo a mg/L NH_4 .

Figura 10

Análisis de nitritos, nitratos y amonio



Nota. a) Kit de Nitrito, b) Kit de Nitrato, c) Kit de Amonio, d) Muestras en el espectrofotómetro y e) Medición de tras luminancia.

Análisis fisicoquímico del agua

Los parámetros fisicoquímicos del agua se midieron 2 veces al día, una a las 07h00 y una a las 16h00, durante los 100 días que duró la investigación, este procedimiento se llevó a cabo con el uso de un multiparamétrico HANNA modelo HI9829.

Figura 11

Medición de parámetros fisicoquímicos del agua



Nota. a) Multiparamétrico HANNA y b) Toma de datos de los parámetros fisicoquímicos.

Diseño estadístico

En el proyecto se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con una estructura de parcela bifactorial 3x2, con 6 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 18 unidades experimentales, en cada una se sembraron 20 alevines de Cachama.

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + F_j + AF_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3$ Niveles de inclusión de artemia salina

$j = 1, 2$ Niveles de frecuencia de suministro de alimento

$k = 3$ Repeticiones

Y_{ijk} = Variable de respuesta de la ijk -ésima unidad experimental

μ = Media general

A_i = Efecto del i – ésimo nivel de inclusión de artemia salina

F_j = Efecto del j – ésimo nivel de frecuencia de suministro de alimento

AF_{ij} = Efecto de la interacción inclusión x frecuencia

e_{ijk} = Error experimental

Factores

Los factores evaluados en este proyecto fueron: inclusión de artemia enriquecida y frecuencia de suministro de balanceado comercial.

Nivel de inclusión de artemia salina enriquecida; A1: 100% balanceado comercial + 0% artemia salina; A2: 50% balanceado comercial + 50% artemia salina; A3: 50% balanceado comercial + 50% artemia salina enriquecida con espirulina. Frecuencia de balanceado; F1: 4 veces/día y F2: 6 veces/día, de esta manera se obtuvieron 6 tratamientos cada uno con 3 repeticiones.

Tratamientos

Tabla 11

Descripción de los tratamientos

Tto	Descripción	Código
T1	Inclusión de Artemia salina al 0% + balanceado 4 veces/día	A1F1
T2	Inclusión de Artemia salina al 0% + balanceado 6 veces/día	A1F2
T3	Inclusión de Artemia salina al 50% + balanceado 4 veces/día	A2F1
T4	Inclusión de Artemia salina al 50% + balanceado 6 veces/día	A2F2
T5	Inclusión de Artemia salina enriquecida al 50% + balanceado 4 veces/día	A3F1

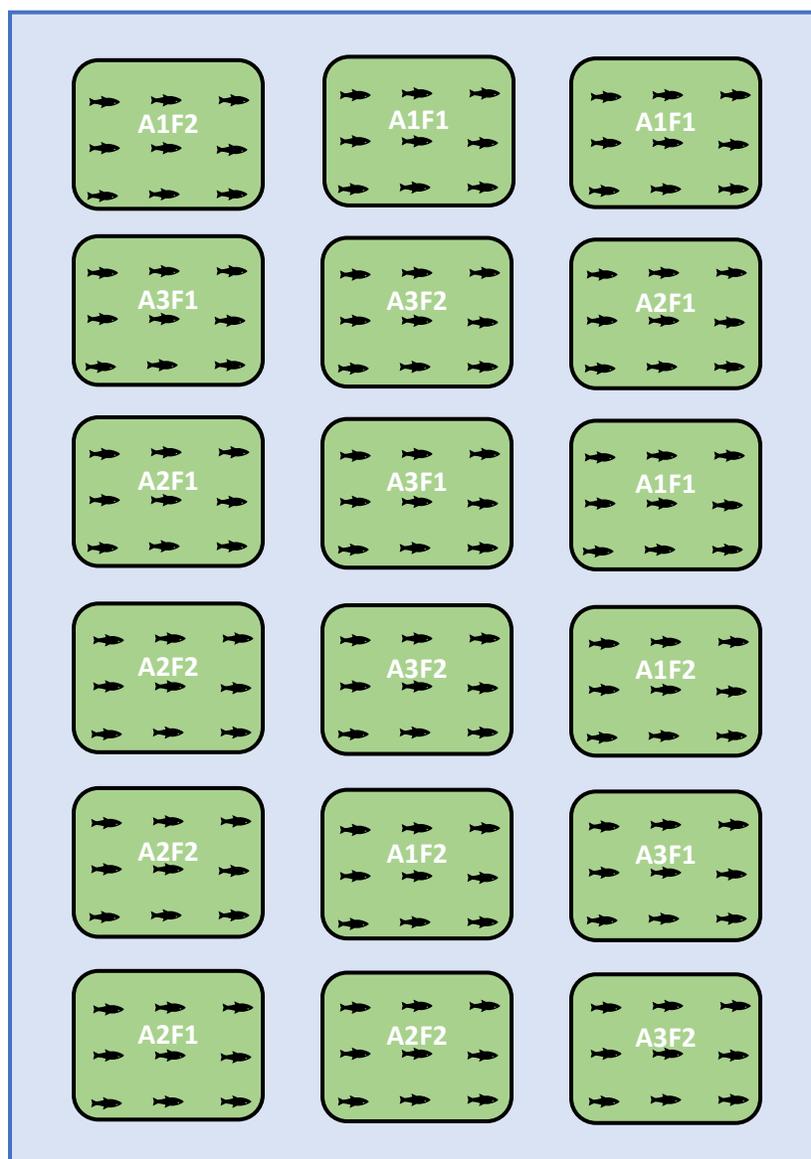
Tto	Descripción	Código
T6	Inclusión de Artemia salina enriquecida al 50% + balanceado 6 veces/día	A3F2

Nota. Autoría propia.

Croquis experimental

Figura 12

Distribución del experimento



Nota. Autoría propia.

Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó utilizando el software estadístico InfoStat, los parámetros tanto morfométricos como productivos se caracterizaron mediante estadística descriptiva, media y desviación estándar, para la evaluación del efecto de la inclusión de artemia salina sobre los alevines de Cachama se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se determinó si existe diferencia significativa o no entre tratamientos con una prueba de comparación de medias, Tukey ($\alpha = 0,05$).

Las pruebas se realizaron bajo un nivel de confianza del 95%. Se realizó un análisis de regresión lineal de segundo orden (modelo cuadrático), para conocer el crecimiento de los alevines a través del tiempo de la investigación.

Evaluación de variables en campo

Variables Morfométricas

Estos parámetros se tomaron cada 10 días, se obtuvieron 10 lecturas, tomando en cuenta las variables de siembra, la submuestra fue de 10 alevines por unidad experimental.

Peso corporal (g): se midió utilizando una balanza electrónica.

Longitud total y parcial (cm): estos parámetros se tomaron con la ayuda de un ictiómetro de madera, la longitud total se midió desde la boca hasta el final de la aleta caudal del pez, mientras que la longitud parcial desde la boca hasta el inicio de la aleta caudal del mismo.

Ancho (cm): esta variable se midió, utilizando un ictiómetro de madera.

Figura 13

Medición del peso, del ancho y de la longitud total y parcial de los alevines



Nota. a) Uso de ictiómetro y b) Uso de balanza electrónica.

Figura 14

Biometría del día 100 de los alevines de (*Colossoma macropomum*)



Nota. a) y b) Alevines de cachama del T5 al culmino de la investigación.

Variables Productivas

Mortalidad (%): se registraron diariamente la presencia y ausencia de los individuos muertos, este aspecto se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Mortalidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de alevines muertos}}{\text{Total de alevines por tratamiento}} * 100$$

Ganancia de peso (g/d): se determinó, aplicando la siguiente fórmula:

$$GP = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Tiempo}}$$

Tasa de crecimiento específico (%): mediante la siguiente fórmula se determinó el porcentaje de crecimiento diario de los alevines.

$$TCE = \frac{[\ln(\text{Peso final}) - \ln(\text{Peso inicial})]}{\text{Tiempo final} - \text{Tiempo inicial (días)}} * 100$$

Donde:

\ln = *logaritmo natural*

Factor de conversión alimenticia: este indicador expresa la ganancia de peso de los individuos con respecto a la cantidad de alimento suministrado en un periodo de tiempo y se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

Eficiencia de conversión alimenticia (%): este parámetro se determinó con el inverso del factor de conversión alimenticia y se empleó la siguiente fórmula:

$$ECA = \frac{1}{FCA} * 100$$

Índice de condición corporal: con esta variable se estableció la condición morfológica que alcanzaron los individuos estudiados a lo largo de la investigación, empleando la fórmula que se muestra a continuación:

$$K = \frac{W (g)}{L^3 (cm)} * 100$$

Donde:

W = *Peso total del animal*

L^3 = *Longitud total del animal*

Análisis económico

Para el estudio económico de la presente investigación, se realizó un análisis de presupuesto parcial en el que se compararon los costos y los beneficios de los tratamientos aplicados.

El análisis financiero económico utilizado se centra solo en los cambios que se dan en los ingresos y gastos que se producen al implementar alternativas relacionadas con la materia prima y el alimento en el proyecto, sin tomar en cuenta gastos de activos fijos como infraestructura, salarios y servicios básicos, Lynn (2014).

Los costos variables establecidos fueron; los alevines de cachama, artemia salina como alimento vivo y biomasa húmeda de espirulina para el enriquecimiento de los nauplios de artemia. El beneficio bruto resultó del producto entre el costo de unidad de cachama y la cosecha de cada tratamiento, además, el beneficio neto se obtuvo de la resta de los costos variables menos el beneficio neto, Cimmyt (1988).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico del agua

En la tabla 12 se observan, la media y la desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos del agua, tomados durante los 100 días de investigación.

Tabla 12

*Media \pm desviación estándar, valores mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos del agua del estanque de alevines de Cachama (*Colossoma macropomum*)*

Parámetros	Media \pm D. S	Min.	Máx.
Temperatura (°C)	23.53 \pm 1.62	21.00	26.67
pH	7.64 \pm 0.39	7.17	8.93
Oxígeno (mg. L ⁻¹)	10.01 \pm 0.61	9.06	11.45
Nitritos (mg. L ⁻¹)	0.01 \pm 0.01	0.00	0.02
Nitratos (mg. L ⁻¹)	1.58 \pm 1.08	0.00	2.55
Amonio (mg. L ⁻¹)	0.28 \pm 0.35	0.03	0.88

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis del agua, (temperatura, pH y oxígeno), registrados diariamente y (nitritos, nitratos y amonio), registrados cada 3 semanas, durante los 100 días de investigación.

Realizar una medición periódica de los parámetros fisicoquímicos del agua permite conocer si estos se encuentran en un rango óptimo para alcanzar un buen rendimiento del cultivo; en esta investigación, los parámetros de calidad de agua registrados fueron; una temperatura media del agua de 23.53 \pm 1.62 °C, un pH de 7.64 \pm 0.39 y una concentración de oxígeno de 10.01 \pm 0.61; en cuanto a los compuestos nitrogenados las medias obtenidas fueron las siguientes; 0.01 \pm 0.01 (mg. L⁻¹), 1.58 \pm 1.08 (mg. L⁻¹) y 0.28 \pm 0.35 (mg. L⁻¹) para nitritos, nitratos y amonio respectivamente.

Kubitza (1998), en su artículo de calidad del agua en especies nativas menciona que el correcto crecimiento y desarrollo de la cachama se logra cuando el rango de temperatura del agua oscila entre 28 a 30°C, temperaturas inferiores a 22°C y superiores a 34°C, influyen de manera negativa en la especie, ocasionándoles estrés, haciéndolas susceptibles a enfermedades, lo que reduce su apetito junto con su crecimiento, temperaturas de 18°C por periodos largos son letales para el animal. En adición a lo mencionado anteriormente, Gomes et al. (2006) señalan que, para el correcto desarrollo y ganancia de peso de la cachama, la temperatura es un parámetro primordial.

Con respecto al pH, Aride *et al.* (2007) mencionan que la cachama es un animal propio de pH ácido, cuyo rango fluctúa de 5 a 7, pH – s extremadamente alcalinos dan como resultado una reducción del peso y una menor supervivencia pues interfieren en la transferencia de oxígeno a los diferentes tejidos de los peces, sin embargo, Poleo *et al.* (2011) indican que en su estudio la cachama presentó un buen crecimiento con un pH de 7.6; valor similar al de este proyecto, además sugieren que este valor se encuentra dentro de un rango aceptable para la especie.

Oliveira *et al.* (2018) definen que el nivel adecuado de oxígeno disuelto para este cultivo debe ser superior a 4 mg. L⁻¹, pues concentraciones menores provocan un crecimiento anormal del labio inferior de las cachamas para que estas puedan captar la mayor cantidad posible de oxígeno, esta situación genera estrés en el animal, reduciendo el apetito de este y volviéndolo susceptible a enfermedades. En el presente estudio no se observó ninguna anomalía en el labio inferior de los animales a los que cada 10 días se les realizó la biometría, además lo que sugiere que los alevines contaron con la cantidad adecuada de oxígeno fue que siempre permanecieron en la profundidad de las unidades experimentales (comportamiento común en esta especie), debido a que con la falta de oxígeno la cachama tiende a pasar en la superficie para poder captarlo. Peñuela *et al.* (2007) indican que alrededor del 60% de las pérdidas en la

producción acuícola están relacionadas con la concentración de oxígeno disponible para los peces, pues una baja concentración de este parámetro aumenta la ventilación, disminuyendo la energía necesaria para procesos metabólicos importantes como el crecimiento.

Ferreira Da Costa *et al.* (2004) en su estudio de exposición de cachama a diferentes niveles de nitrito señalan que esta especie presenta una alta sensibilidad a altos niveles de este compuesto nitrogenado, por su parte Poleo *et al.* (2011) mencionan que en su investigación los niveles de nitritos para el cultivo de cachama oscilaron en un rango de 1 a 2 mg. L⁻¹ y que a pesar de esta situación no se evidenció mortalidad, sin embargo, los parámetros productivos se vieron afectados. En la presente investigación, las concentraciones no superaron los 0.02 mg. L⁻¹ y como bien se sabe este compuesto es tóxico para los peces, por lo tanto, no debe superar los 0.1 mg. L⁻¹.

Adicionalmente, Biomin (2022) menciona que, en los sistemas acuáticos, los peces pueden tolerar rangos de amonio que oscilen de 0 – 0.5 ppm y niveles de nitratos <100 ppm siempre y cuando existan concentraciones apropiadas de oxigenación y niveles de pH adecuados para la especie, en esta investigación los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Parámetros Morfométricos

Tabla 13

Media \pm desviación estándar, F y p valor de peso, longitud total, longitud parcial y ancho de los alevines de Cachama

Día	Tto	Peso (g) \pm D. E	F	p-valor	L. total(cm) \pm D. E	F	p-valor	L. parcial(cm) \pm D. E	F	p-valor	Ancho(cm) \pm D. E	F	p-valor
0	T1	0.09 \pm 0.01 ^a			1.89 \pm 0.08 ^a			1.43 \pm 0.07 ^a			0.46 \pm 0.05 ^a		
	T2	0.08 \pm 0.01 ^b			1.85 \pm 0.08 ^a			1.41 \pm 0.07 ^a			0.45 \pm 0.06 ^a		
	T3	0.09 \pm 0.01 ^{ab}			1.85 \pm 0.10 ^a			1.43 \pm 0.07 ^a			0.46 \pm 0.06 ^a		
	T4	0.08 \pm 0.01 ^b	3.68	0.0034	1.82 \pm 0.11 ^a	1.59	0.1649	1.43 \pm 0.08 ^a	0.86	0.5124	0.46 \pm 0.06 ^a	1.05	0.3874
	T5	0.09 \pm 0.01 ^{ab}			1.86 \pm 0.10 ^a			1.45 \pm 0.09 ^a			0.48 \pm 0.06 ^a		
	T6	0.09 \pm 0.01 ^{ab}			1.86 \pm 0.12 ^a			1.44 \pm 0.10 ^a			0.47 \pm 0.07 ^a		
10	T1	0.36 \pm 0.03 ^a			2.96 \pm 0.29 ^a			2.34 \pm 0.26 ^a			0.96 \pm 0.09 ^a		
	T2	0.33 \pm 0.03 ^b			2.66 \pm 0.17 ^c			2.11 \pm 0.18 ^b			0.93 \pm 0.10 ^a		
	T3	0.33 \pm 0.04 ^b			2.75 \pm 0.25 ^{bc}			2.21 \pm 0.24 ^{ab}			0.91 \pm 0.10 ^a		
	T4	0.33 \pm 0.04 ^b	6.61	<0.0001	2.76 \pm 0.23 ^{bc}	7.68	<0.0001	2.21 \pm 0.25 ^{ab}	5.37	0.0001	0.92 \pm 0.10 ^a	0.97	0.4404
	T5	0.32 \pm 0.03 ^b			2.84 \pm 0.26 ^{ab}			2.22 \pm 0.21 ^{ab}			0.95 \pm 0.09 ^a		
	T6	0.33 \pm 0.03 ^b			2.65 \pm 0.14 ^c			2.09 \pm 0.12 ^b			0.94 \pm 0.09 ^a		
20	T1	0.66 \pm 0.06 ^{ab}			3.48 \pm 0.22 ^{ab}			2.80 \pm 0.19 ^{ab}			1.07 \pm 0.12 ^b		
	T2	0.59 \pm 0.06 ^c			3.35 \pm 0.18 ^b			2.71 \pm 0.14 ^b			1.08 \pm 0.07 ^b		
	T3	0.65 \pm 0.07 ^b			3.55 \pm 0.20 ^a			2.89 \pm 0.19 ^a			1.15 \pm 0.07 ^a		
	T4	0.68 \pm 0.11 ^{ab}	9.64	<0.0001	3.52 \pm 0.26 ^a	4.78	0.0004	2.86 \pm 0.25 ^{ab}	3.90	0.0022	1.20 \pm 0.08 ^a	16.23	<0.0001
	T5	0.71 \pm 0.10 ^a			3.54 \pm 0.21 ^a			2.88 \pm 0.23 ^a			1.21 \pm 0.07 ^a		
	T6	0.71 \pm 0.08 ^a			3.62 \pm 0.29 ^a			2.94 \pm 0.31 ^a			1.20 \pm 0.09 ^a		
30	T1	0.97 \pm 0.06 ^c			4.05 \pm 0.17 ^{bc}			3.12 \pm 0.15 ^c			1.21 \pm 0.09 ^d		
	T2	0.91 \pm 0.07 ^d			3.91 \pm 0.33 ^c			3.09 \pm 0.31 ^c			1.27 \pm 0.06 ^c		
	T3	0.99 \pm 0.09 ^c			4.00 \pm 0.36 ^c			3.19 \pm 0.35 ^{bc}			1.31 \pm 0.08 ^{bc}		
	T4	1.11 \pm 0.09 ^b	94.79	<0.0001	4.21 \pm 0.18 ^b	14.60	<0.0001	3.35 \pm 0.14 ^b	15.41	<0.0001	1.37 \pm 0.07 ^b	29.72	<0.0001
	T5	1.12 \pm 0.11 ^b			4.19 \pm 0.25 ^b			3.23 \pm 0.22 ^{bc}			1.36 \pm 0.11 ^b		

Día	Tto	Peso (g) ± D. E	F	p-valor	L. total(cm) ± D. E	F	p-valor	L. parcial(cm) ± D. E	F	p-valor	Ancho(cm) ± D. E	F	p-valor
40	T6	1.32 ± 0.08 ^a			4.40 ± 0.12 ^a			3.56 ± 0.20 ^a			1.46 ± 0.10 ^a		
	T1	1.35 ± 0.05 ^d			4.21 ± 0.24 ^{cd}			3.29 ± 0.20 ^{cd}			1.34 ± 0.09 ^c		
	T2	1.29 ± 0.07 ^e			4.16 ± 0.26 ^d			3.26 ± 0.20 ^d			1.32 ± 0.08 ^c		
	T3	1.44 ± 0.09 ^c			4.32 ± 0.22 ^{bc}			3.37 ± 0.20 ^{bcd}			1.46 ± 0.12 ^b		
	T4	1.53 ± 0.09 ^b	100.27	<0.0001	4.37 ± 0.20 ^{ab}	10.97	<0.0001	3.45 ± 0.20 ^{ab}	10.26	<0.0001	1.47 ± 0.10 ^b	26.16	<0.0001
	T5	1.52 ± 0.09 ^b			4.34 ± 0.22 ^{bc}			3.42 ± 0.23 ^{bc}			1.47 ± 0.13 ^b		
50	T6	1.70 ± 0.07 ^a			4.53 ± 0.13 ^a			3.57 ± 0.13 ^a			1.58 ± 0.09 ^a		
	T1	2.34 ± 0.06 ^c			5.14 ± 0.29 ^b			4.04 ± 0.22 ^{bc}			1.91 ± 0.11 ^b		
	T2	2.33 ± 0.10 ^c			5.09 ± 0.32 ^b			3.98 ± 0.18 ^{bc}			1.86 ± 0.12 ^b		
	T3	2.64 ± 0.31 ^b			5.33 ± 0.43 ^{ab}			4.16 ± 0.30 ^{ab}			2.06 ± 0.29 ^a		
	T4	2.61 ± 0.18 ^b	30.05	<0.0001	5.16 ± 0.36 ^b	10.24	<0.0001	3.96 ± 0.20 ^c	11.60	<0.0001	1.90 ± 0.12 ^b	10.89	<0.0001
	T5	2.86 ± 0.33 ^a			5.50 ± 0.34 ^a			4.27 ± 0.29 ^a			2.07 ± 0.13 ^a		
60	T6	2.96 ± 0.39 ^a			5.57 ± 0.32 ^a			4.33 ± 0.28 ^a			2.06 ± 0.13 ^a		
	T1	4.21 ± 0.27 ^c			6.50 ± 0.27 ^b			4.95 ± 0.29 ^{cd}			2.41 ± 0.12 ^{bc}		
	T2	4.26 ± 0.26 ^c			6.17 ± 0.32 ^c			4.83 ± 0.29 ^d			2.30 ± 0.10 ^c		
	T3	5.53 ± 0.51 ^b			6.82 ± 0.26 ^a			5.61 ± 0.54 ^a			2.46 ± 0.31 ^{bc}		
	T4	5.71 ± 0.33 ^{ab}	62.15	<0.0001	6.46 ± 0.16 ^b	14.37	<0.0001	5.33 ± 0.16 ^b	20.51	<0.0001	2.47 ± 0.10 ^b	9.04	<0.0001
	T5	5.65 ± 0.47 ^{ab}			6.43 ± 0.52 ^b			5.09 ± 0.40 ^{bc}			2.42 ± 0.21 ^{bc}		
70	T6	5.98 ± 1.01 ^a			6.64 ± 0.21 ^{ab}			5.33 ± 0.28 ^b			2.67 ± 0.36 ^a		
	T1	7.43 ± 0.50 ^d			7.42 ± 0.28 ^c			5.78 ± 0.23 ^{bc}			2.94 ± 0.12 ^b		
	T2	7.80 ± 0.66 ^d			7.42 ± 0.29 ^c			5.71 ± 0.25 ^c			2.86 ± 0.17 ^b		
	T3	8.53 ± 0.78 ^c			7.72 ± 0.35 ^b			5.92 ± 0.40 ^b			2.96 ± 0.18 ^b		
	T4	9.93 ± 1.01 ^{ab}	54.72	<0.0001	8.08 ± 0.28 ^a	39.06	<0.0001	6.25 ± 0.23 ^a	34.82	<0.0001	3.24 ± 0.17 ^a	30.56	<0.0001
	T5	10.50 ± 1.14 ^a			8.14 ± 0.34 ^a			6.44 ± 0.28 ^a			3.16 ± 0.14 ^a		
80	T6	9.50 ± 1.14 ^b			8.19 ± 0.33 ^a			6.30 ± 0.26 ^a			3.17 ± 0.14 ^a		
	T1	10.82 ± 0.61 ^c			8.87 ± 0.21 ^b			6.85 ± 0.24 ^{bc}			3.33 ± 0.12 ^c		
	T2	11.05 ± 0.55 ^c			8.56 ± 0.38 ^c			6.62 ± 0.32 ^c			3.29 ± 0.13 ^c		
	T3	12.88 ± 1.47 ^b			9.06 ± 0.53 ^{ab}			7.03 ± 0.51 ^{ab}			3.51 ± 0.19 ^{ab}		

Día	Tto	Peso (g) ± D. E	F	p-valor	L. total(cm) ± D. E	F	p-valor	L. parcial(cm) ± D. E	F	p-valor	Ancho(cm) ± D. E	F	p-valor
90	T4	13.00 ± 0.91 ^b	55.44	<0.0001	8.95 ± 0.30 ^{ab}	10.28	<0.0001	6.86 ± 0.36 ^{bc}	9.66	<0.0001	3.48 ± 0.15 ^b	18.10	<0.0001
	T5	14.84 ± 1.32 ^a			9.19 ± 0.54 ^a			7.26 ± 0.57 ^a			3.63 ± 0.22 ^a		
	T6	13.17 ± 1.36 ^b			9.15 ± 0.27 ^{ab}			7.08 ± 0.25 ^{ab}			3.52 ± 0.14 ^{ab}		
	T1	16.84 ± 0.89 ^c			9.64 ± 0.24 ^b			7.47 ± 0.39 ^{cd}			3.69 ± 0.13 ^c		
	T2	16.37 ± 0.78 ^c			9.44 ± 0.20 ^b			7.30 ± 0.19 ^d			3.70 ± 0.16 ^c		
	T3	18.36 ± 1.30 ^b			10.00 ± 0.38 ^a			7.62 ± 0.27 ^{bc}			3.80 ± 0.18 ^c		
100	T4	18.47 ± 1.10 ^b	59.56	<0.0001	9.95 ± 0.39 ^a	16.35	<0.0001	7.78 ± 0.30 ^{ab}	16.68	<0.0001	3.97 ± 0.18 ^b	54.85	<0.0001
	T5	21.14 ± 1.29 ^a			9.95 ± 0.29 ^a			7.82 ± 0.31 ^{ab}			4.41 ± 0.33 ^a		
	T6	18.91 ± 1.64 ^b			10.07 ± 0.43 ^a			7.87 ± 0.30 ^a			4.07 ± 0.19 ^b		
	T1	24.98 ± 2.53 ^d			10.53 ± 0.32 ^c			8.18 ± 0.31 ^c			4.37 ± 0.19 ^d		
	T2	25.32 ± 1.66 ^d			10.55 ± 0.37 ^c			8.23 ± 0.24 ^c			4.45 ± 0.21 ^d		
	T3	26.54 ± 1.24 ^d	79.91	<0.0001	10.66 ± 0.27 ^c	40.52	<0.0001	8.50 ± 0.45 ^b	71.59	<0.0001	4.42 ± 0.22 ^d	60.78	<0.0001
	T4	28.56 ± 2.49 ^c			11.08 ± 0.59 ^b			8.69 ± 0.30 ^b			4.65 ± 0.15 ^c		
	T5	36.10 ± 4.14 ^a			11.72 ± 0.45 ^a			9.44 ± 0.33 ^a			5.04 ± 0.18 ^a		
	T6	31.93 ± 2.94 ^b			11.45 ± 0.53 ^a			9.24 ± 0.36 ^a			4.88 ± 0.19 ^b		

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

En la tabla 13 se observan la media y la desviación estándar de las variables morfométricas de los alevines de cachama a lo largo de la investigación. La inclusión de artemia salina enriquecida y la frecuencia de suministro del balanceado comercial mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) a partir del día 10 para las variables peso corporal ($F = 6.61$ y $p = <0.0001$), longitud total ($F = 7.68$ y $p = <0.0001$) y longitud parcial ($F = 5.37$ y $p = 0.0001$), y a partir del día 20 para el ancho ($F = 16.23$ y $p = <0.0001$). Al final de la experimentación, se evidenció que el T5 en el que se suministró 50% de balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día + 50% de artemia salina enriquecida con espirulina, superó al resto de tratamientos, en las variables peso corporal ($F = 79.91$ y $p = <0.0001$), y ancho ($F = 60.78$ y $p = <0.00001$), a pesar de que no presentó diferencia significativa con el T6 para las variables longitud total y parcial.

Ahora bien, como se menciona en la publicación de CTAQUA (2017), la frecuencia de alimentación es un factor importante debido a que los peces aprovechan de mejor manera el alimento, por ende se reduce la pérdida del mismo y el impacto negativo en el agua, sin embargo, Victoriano *et al.* (2012) en su estudio indican que el crecimiento está mayormente relacionado con la temperatura y en menor grado con un incremento en el número de veces que se suministre el alimento, así como se observa en el presente proyecto, que debido a que la temperatura no fue la ideal para la especie, se evidenció un menor crecimiento inclusive para el T5 con respecto a estudios realizados en la Amazonía, hábitat propio de la cachama.

Escudero (2021) menciona que utilizar espirulina como ingrediente funcional en la dieta de las especies acuícolas, potencia el desarrollo, el crecimiento y la salud de estos animales. En el presente estudio los pesos alcanzados son menores a los que la especie alcanzaría en un hábitat con condiciones óptimas del medio, no obstante, es importante mencionar que todos los parámetros se encontraron muy cerca o dentro de los rangos óptimos para la especie, a excepción de la temperatura promedio 23.53°C que fue menor al nivel adecuado, sin embargo,

es evidente que el T5 logró los mejores resultados, esto debido al beneficio que tiene suministrar artemia enriquecida con espirulina.

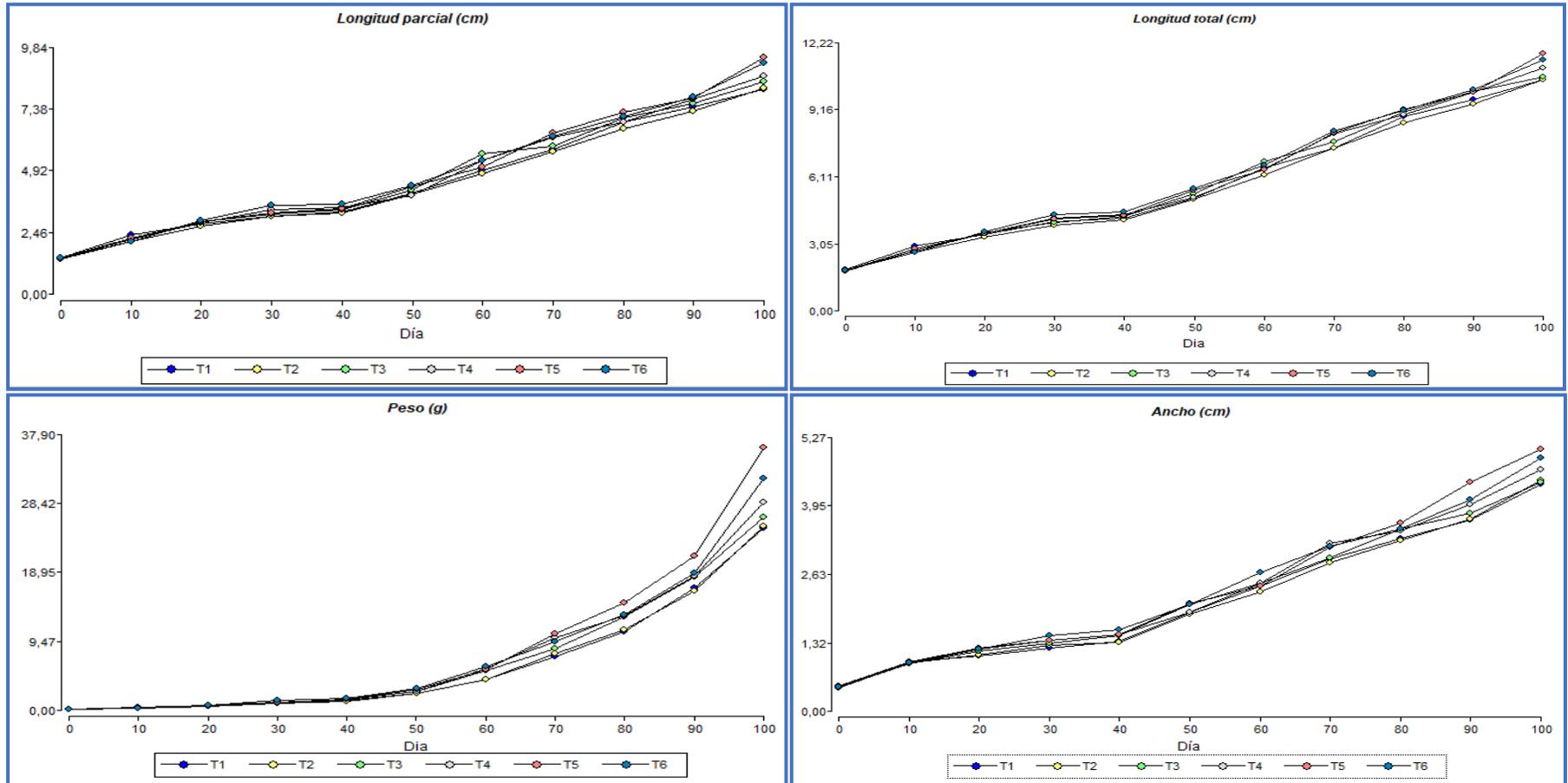
Alzate & Pardo (2016) indican que no existen estudios previos sobre la inclusión de espirulina en la dieta de cachama, pero Belal *et al.* (2012) señalan que el superalimento *A. platensis* actúa como una excelente fuente proteica, promoviendo el crecimiento y una mayor tasa de supervivencia en la tilapia nilótica. Y teniendo en cuenta que la cachama es una especie omnívora – herbívora oportunista, con la capacidad de filtrar algas, se demuestra en este estudio que aprovecha eficientemente la inclusión de artemia alimentada con espirulina.

En adición a lo mencionado, Maldonado & Rodríguez (2005) sugieren que los nauplios de artemia son una gran fuente de alimento vivo, para los primeros estadios tanto de peces como de crustáceos, satisfaciendo los requerimientos nutricionales de un gran número de cultivos acuícolas.

Loqui *et al.* (2022) en su estudio señalan que con una temperatura promedio de 25.90°C, una dieta basada en alimento comercial, un peso de siembra de 2.7g y una talla inicial de 3.5 cm, el peso promedio alcanzado al finalizar su investigación fue de 15.82g y la talla promedio fue de 10.66 cm, comparado con los resultados obtenidos en el presente proyecto 36.10 g y 11.72 cm respectivamente, por lo tanto, incluir en la dieta alimento natural enriquecido por su alto contenido de proteínas contribuye a un rápido aumento de peso, además que por ser de fácil digestión y como menciona Osorio (2018), por las enzimas proteolíticas que contiene, interviene en la hidrólisis de proteínas del alimento natural, estimulando la secreción de enzimas endógenas de los peces beneficiando la absorción de otros alimentos, el aprovechamiento de los nutrientes presentes en la dieta y favoreciendo los procesos digestivos del animal.

Figura 15

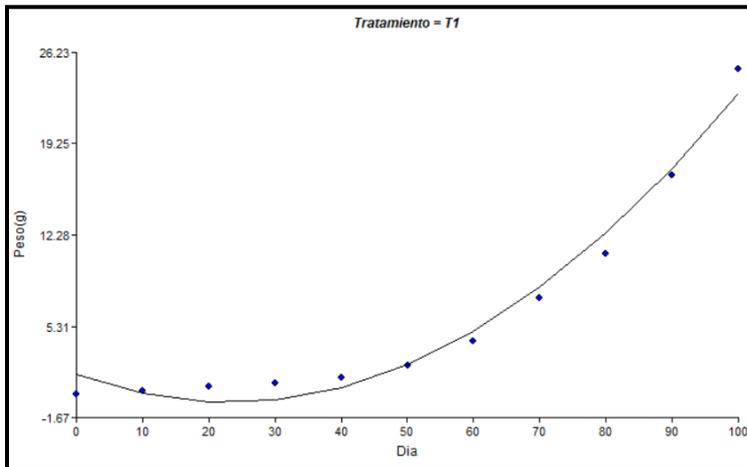
Media \pm desviación estándar de las variables morfométricas de alevines de (*Colossoma macropomum*).



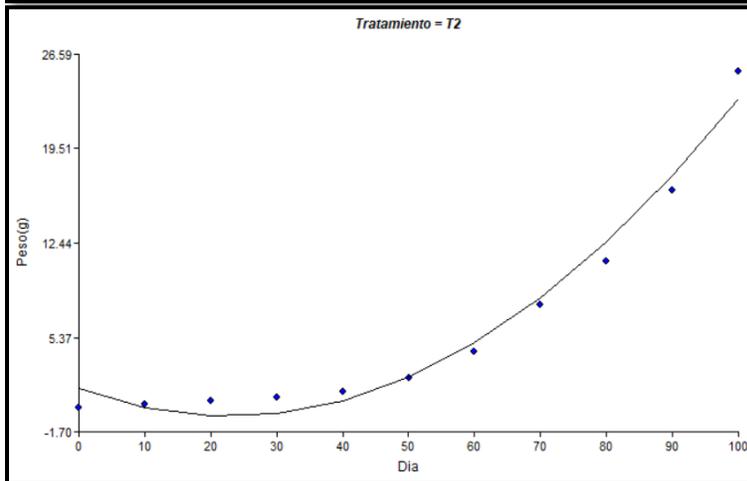
Nota. Autoría propia.

Figura 16

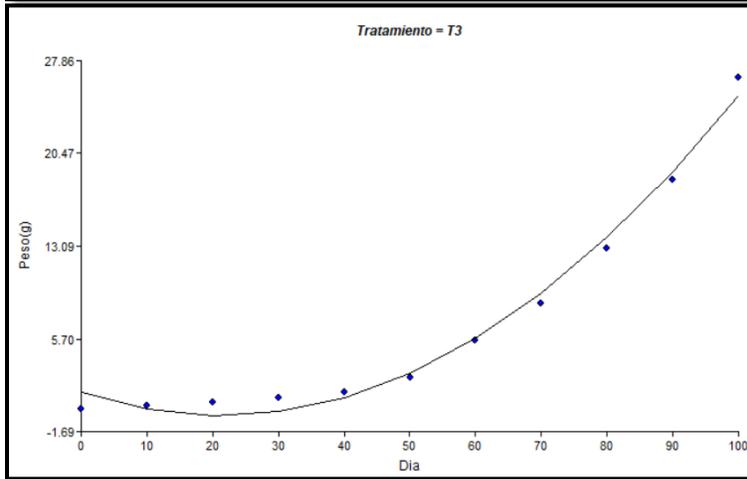
Regresión lineal de 2° orden, del comportamiento de la variable peso corporal en fase de campo, en los 6 tratamientos evaluados.



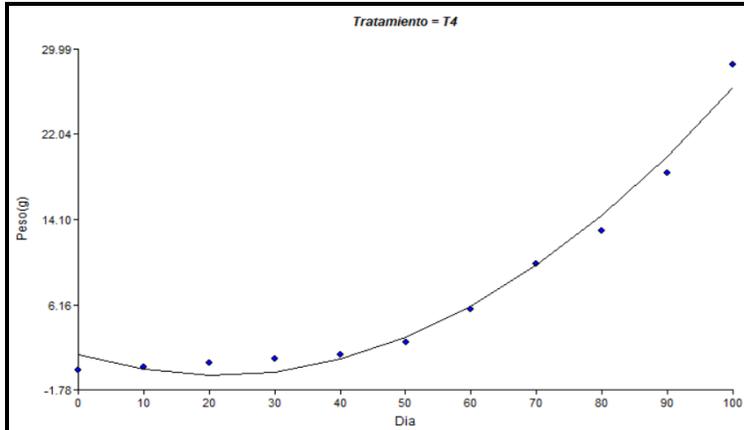
Tratamiento 1
 $R^2 = 0.98$
 $S = 0.986$
 $y = a + bx + cx^2$
Coeficientes:
 $a = 1.629$
 $b = -0.186$
 $c = 0.004$



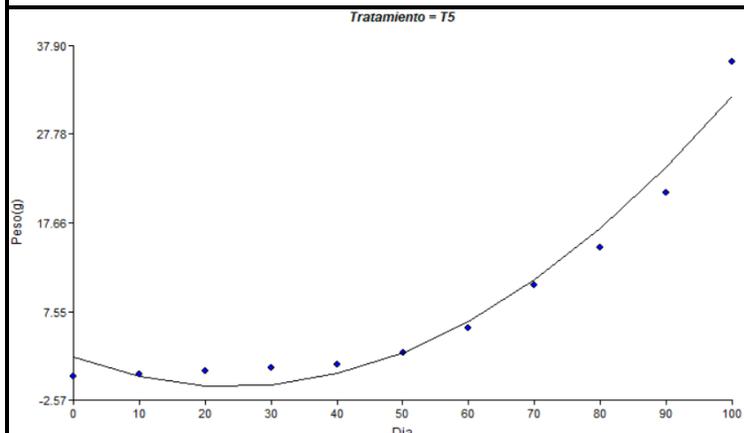
Tratamiento 2
 $R^2 = 0.979$
 $S = 1.003$
 $y = a + bx + cx^2$
Coeficientes:
 $a = 1.570$
 $b = -0.184$
 $c = 0.004$



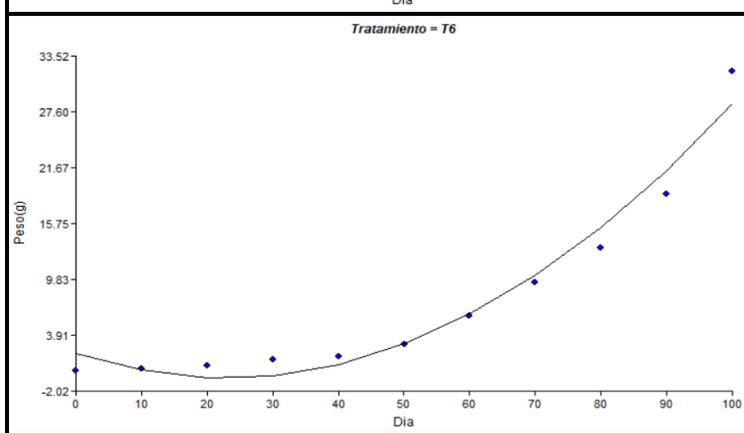
Tratamiento 3
 $R^2 = 0.989$
 $S = 0.789$
 $y = a + bx + cx^2$
Coeficientes:
 $a = 1.408$
 $b = -0.173$
 $c = 0.004$



Tratamiento 4
 $R^2 = 0.983$
 $S = 1.035$
 $y = a + bx + cx^2$
 Coeficientes:
 $a = 1.504$
 $b = -0.184$
 $c = 0.004$



Tratamiento 5
 $R^2 = 0.968$
 $S = 1.741$
 $y = a + bx + cx^2$
 Coeficientes:
 $a = 2.307$
 $b = -0.276$
 $c = 0.006$



Tratamiento 6
 $R^2 = 0.968$
 $S = 1.530$
 $y = a + bx + cx^2$
 Coeficientes:
 $a = 1.933$
 $b = -0.222$
 $c = 0.005$

Nota. R^2 , coeficiente de correlación de Pearson y S, error estándar. Autoría propia.

El índice de correlación de Pearson mide la relación entre 2 variables cuantitativas y continuas. En la figura 16 se observa el comportamiento de la variable peso (g) para todos los tratamientos y se evidencia que $0 < r < 1$ por lo tanto existe una correlación positiva entre la variable peso corporal y los días que duró la fase de campo, Ortega (2018).

Parámetros Productivos

Tabla 14

Media ± desviación estándar, F y p valor de factor de conversión alimenticia, eficiencia de conversión alimenticia y tasa de crecimiento específico de los alevines de Cachama

Día	Tto	FCA ± D. E	F	p-valor	ECA (%) ± D. E	F	p-valor	TCE (%) ± D. E	F	p-valor
10	T1	2.26 ± 0.59 ^a			47.69 ± 0.14 ^a			13.53 ± 1.53 ^a		
	T2	2.53 ± 0.73 ^a			43.92 ± 0.16 ^a			13.70 ± 1.49 ^a		
	T3	2.53 ± 0.71 ^a			43.41 ± 0.15 ^a			13.57 ± 1.70 ^a		
	T4	2.58 ± 0.72 ^a			42.73 ± 0.15 ^a			13.75 ± 1.75 ^a		
	T5	2.61 ± 0.60 ^a			40.92 ± 0.11 ^a			12.95 ± 1.63 ^a		
	T6	2.57 ± 0.69 ^a	1.06	0.3854	42.40 ± 0.14 ^a	0.78	0.5684	12.86 ± 1.89 ^a	1.64	0.1528
20	T1	2.46 ± 0.61 ^{ab}			42.91 ± 0.09 ^c			5.96 ± 1.26 ^c		
	T2	2.77 ± 0.64 ^a			38.01 ± 0.08 ^c			5.85 ± 1.13 ^c		
	T3	2.28 ± 0.59 ^{bc}			46.52 ± 0.10 ^{bc}			6.81 ± 1.52 ^{bc}		
	T4	2.07 ± 0.58 ^{bc}			51.79 ± 0.13 ^{ab}			7.36 ± 1.39 ^{ab}		
	T5	1.95 ± 0.69 ^c			56.96 ± 0.17 ^a			7.99 ± 1.98 ^a		
	T6	1.86 ± 0.44 ^c	10.02	<0.0001	56.23 ± 0.11 ^a	12.26	<0.0001	7.81 ± 1.29 ^{ab}	11.96	<0.0001
30	T1	3.59 ± 0.42 ^a			28.30 ± 0.04 ^d			3.88 ± 0.70 ^c		
	T2	3.56 ± 0.47 ^a			28.53 ± 0.04 ^d			4.27 ± 0.60 ^{bc}		
	T3	3.43 ± 0.72 ^{ab}			30.71 ± 0.08 ^{cd}			4.18 ± 1.08 ^{bc}		
	T4	2.79 ± 0.79 ^c			38.85 ± 0.11 ^b			4.93 ± 1.59 ^b		
	T5	3.03 ± 0.92 ^{bc}			37.24 ± 0.15 ^{bc}			4.61 ± 1.90 ^{bc}		
	T6	1.86 ± 0.32 ^d	31.63	<0.0001	55.37 ± 0.09 ^a	35.39	<0.0001	6.22 ± 1.20 ^a	13.04	<0.0001
40	T1	3.92 ± 0.22 ^{ab}			25.48 ± 0.01 ^b			3.33 ± 0.26 ^{bc}		
	T2	3.88 ± 0.10 ^{ab}			25.64 ± 0.007 ^b			3.56 ± 0.27 ^{ab}		
	T3	4.06 ± 2.66 ^c			30.31 ± 0.06 ^a			3.81 ± 0.83 ^a		
	T4	4.63 ± 8.36 ^b			27.72 ± 0.05 ^a			3.20 ± 0.65 ^{bc}		

Día	Tto	FCA ± D. E	F	p-valor	ECA (%) ± D. E	F	p-valor	TCE (%) ± D. E	F	p-valor
50	T5	4.74 ± 3.43 ^{ab}			26.73 ± 0.02 ^b			3.08 ± 0.45 ^c		
	T6	1.47 ± 0.13 ^a	10.57	<0.0001	25.10 ± 0.008 ^b	8.92	<0.0001	2.51 ± 0.19 ^d	23.99	<0.0001
	T1	3.43 ± 0.14 ^a			29.14 ± 0.02 ^d			5.50 ± 0.33 ^b		
	T2	3.29 ± 0.30 ^{ab}			30.51 ± 0.03 ^{cd}			5.91 ± 0.64 ^{ab}		
	T3	2.98 ± 0.57 ^b			35.16 ± 0.09 ^{abc}			6.00 ± 1.20 ^{ab}		
	T4	3.18 ± 0.38 ^{ac}			31.88 ± 0.04 ^{bcd}			5.36 ± 0.57 ^b		
60	T5	2.64 ± 0.46 ^d	12.54	<0.0001	39.27 ± 0.09 ^a	8.57	<0.0001	6.25 ± 1.03 ^a	4.75	0.0004
	T6	2.88 ± 0.63 ^{cd}			37.01 ± 0.11 ^{ab}			5.48 ± 1.18 ^b		
	T1	2.67 ± 0.33 ^a			38.04 ± 0.05 ^b			5.83 ± 0.60 ^d		
	T2	2.58 ± 0.34 ^a			39.52 ± 0.06 ^b			6.05 ± 0.70 ^{cd}		
	T3	1.76 ± 0.38 ^b			58.98 ± 0.11 ^a			7.41 ± 1.23 ^{ab}		
	T4	1.61 ± 0.20 ^b			63.23 ± 0.07 ^a			7.83 ± 0.83 ^a		
70	T5	1.80 ± 0.28 ^b			56.96 ± 0.10 ^a			6.85 ± 1.09 ^{bc}		
	T6	1.90 ± 0.89 ^b	28.71	<0.0001	61.61 ± 0.21 ^a	29.15	<0.0001	6.96 ± 2.10 ^{ab}	12.26	<0.0001
	T1	2.11 ± 0.34 ^{ab}			48.70 ± 0.08 ^c			5.69 ± 0.78 ^a		
	T2	1.97 ± 0.38 ^{bc}			52.77 ± 0.10 ^{bc}			6.02 ± 1.01 ^a		
	T3	2.39 ± 0.56 ^a			44.83 ± 0.14 ^c			4.34 ± 1.38 ^c		
	T4	1.69 ± 0.47 ^{cd}			63.04 ± 0.16 ^{ab}			5.50 ± 1.15 ^{ab}		
80	T5	1.44 ± 0.29 ^d			72.43 ± 0.16 ^a			6.18 ± 1.07 ^a		
	T6	2.17 ± 0.81 ^{ab}	13.92	<0.0001	52.57 ± 0.21 ^{bc}	13.99	<0.0001	4.71 ± 2.04 ^{bc}	9.52	<0.0001
	T1	2.14 ± 0.39 ^{ab}			48.36 ± 0.10 ^b			3.76 ± 0.77 ^{ab}		
	T2	2.23 ± 0.37 ^a			46.39 ± 0.10 ^b			3.51 ± 0.79 ^{ab}		
	T3	1.78 ± 0.61 ^b			62.11 ± 0.19 ^a			4.11 ± 1.11 ^a		
	T4	2.46 ± 0.70 ^a			43.83 ± 0.13 ^b			2.71 ± 0.89 ^c		
90	T5	1.77 ± 0.49 ^b			62.02 ± 0.20 ^a			3.48 ± 1.14 ^{ab}		
	T6	2.09 ± 0.57 ^{ab}	7.54	<0.0001	52.44 ± 0.19 ^{ab}	7.43	<0.0001	3.30 ± 1.13 ^{bc}	6.78	<0.0001
	T1	1.87 ± 0.30 ^a			54.77 ± 0.08 ^{ab}			4.43 ± 0.61 ^a		
90	T2	2.11 ± 0.27			48.36 ± 0.07 ^b			3.94 ± 0.52 ^{ab}		
	T3	2.07 ± 0.33 ^a			49.77 ± 0.09 ^b			3.58 ± 0.77 ^b		

Día	Tto	FCA ± D. E	F	p-valor	ECA (%) ± D. E	F	p-valor	TCE (%) ± D. E	F	p-valor
100	T4	2.08 ± 0.32 ^a			49.72 ± 0.10 ^b			3.52 ± 0.66 ^b		
	T5	1.87 ± 0.48 ^a			57.31 ± 0.16 ^a			3.55 ± 0.96 ^b		
	T6	1.96 ± 0.28 ^a	3.05	0.0115	52.22 ± 0.08 ^{ab}	3.70	0.0033	3.63 ± 0.53 ^b	7.85	<0.0001
	T1	2.43 ± 0.44 ^a			42.84 ± 0.11 ^d			3.91 ± 0.76 ^{bc}		
	T2	2.19 ± 0.42 ^{ab}			47.14 ± 0.09 ^{cd}			4.35 ± 0.70 ^b		
	T3	2.38 ± 0.33 ^a			43.08 ± 0.07 ^d			3.71 ± 0.62 ^c		
	T4	2.01 ± 0.58 ^b			53.14 ± 0.13 ^c			4.34 ± 0.95 ^b		
	T5	1.34 ± 0.33 ^c			78.72 ± 0.22 ^a			5.30 ± 1.15 ^a		
T6	1.50 ± 0.26 ^c	38.14	<0.0001	68.48 ± 0.12 ^b	38.26	<0.0001	5.23 ± 0.79 ^a	18.32	<0.0001	

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

En la tabla 14 se observan la media y la desviación estándar de las variables productivas de los alevines de cachama, durante los 100 días de investigación. El enriquecimiento de artemia salina y la frecuencia con la que se suministró el alimento balanceado, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) desde el día 20 para el FCA ($F = 10.02$ y $p = <0.0001$), ECA ($F = 12.26$ y $p = <0.0001$) y TCE ($F = 11.96$ y $p = <0.0001$).

En el estudio realizado por Poleo *et al.* (2011) se sugiere que un buen indicador de factor de conversión alimenticia oscila en un rango de 1 a 2, el cultivo del proyecto mencionado logró un FCA promedio de 1.6, en la presente investigación el T5 con un promedio de 1.34 se encuentra dentro del rango adecuado de factor de conversión alimenticia para la especie y al igual que las variables morfométricas se posiciona en el primer lugar como el mejor tratamiento, lo mismo sucede con la eficiencia de conversión alimenticia 78.72%, lo que indica un buen aprovechamiento del uso del alimento suministrado.

Con respecto a la tasa de crecimiento específica, Atencio *et al.* (2003) realizaron un estudio en el que alimentaron alevines de bocachico con diferentes presas de zooplancton como alimento natural, entre ellas, nauplios de artemia salina que resultó ser el mejor tratamiento y cuyo TCE fue de 4.28, el valor promedio obtenido en esta investigación fue de 5.30, correspondiente al T5. Los valores mencionados difieren y como ya se ha indicado en el resto de las variables analizadas, esto según AQUAHOY (2022), se debe a los requerimientos nutricionales propios de la especie a la que se suministre dicho alimento y a que el enriquecimiento del alimento vivo se relaciona con un mayor crecimiento y supervivencia.

Velayudhannair *et al.* (2014) destacan la importancia del enriquecimiento de nauplios en etapa Instar II de artemia con 0,6g/L como dosis adecuada, en su estudio los resultados indican un incremento de la biomasa, del crecimiento, de la ganancia de peso, de la tasa de crecimiento específico y de la tasa de supervivencia del pez de agua dulce *Catla catla*.

Tabla 15

Media \pm desviación estándar, F y p valor de ganancia de peso e índice de condición corporal de los alevines de cachama

Día	Tto	GP (g/d) \pm D. E	F	p-valor	ICC \pm D. E	F	p-valor
10	T1	0.03 \pm 0.0033 ^a			1.45 \pm 0.35 ^b		
	T2	0.02 \pm 0.0030 ^{ab}			1.77 \pm 0.31 ^a		
	T3	0.02 \pm 0.0039 ^{ab}			1.65 \pm 0.42 ^{ab}		
	T4	0.02 \pm 0.0041 ^{ab}			1.59 \pm 0.32 ^{ab}		
	T5	0.02 \pm 0.0033 ^b	4.31	0.0010	1.44 \pm 0.33 ^b	5.75	0.0001
	T6	0.02 \pm 0.0034 ^b			1.77 \pm 0.27 ^a		
20	T1	0.03 \pm 0.01 ^c			1.60 \pm 0.31 ^a		
	T2	0.03 \pm 0.01 ^c			1.59 \pm 0.21 ^a		
	T3	0.03 \pm 0.01 ^{bc}			1.48 \pm 0.23 ^a		
	T4	0.04 \pm 0.01 ^{ab}			1.59 \pm 0.29 ^a		
	T5	0.04 \pm 0.01 ^a	12.26	<0.0001	1.62 \pm 0.23 ^a	1.16	0.3333
	T6	0.04 \pm 0.01 ^a			1.53 \pm 0.30 ^a		
30	T1	0.03 \pm 0.0049 ^d			1.47 \pm 0.18 ^a		
	T2	0.03 \pm 0.0048 ^d			1.57 \pm 0.38 ^a		
	T3	0.03 \pm 0.01 ^{cd}			1.60 \pm 0.34 ^a		
	T4	0.04 \pm 0.01 ^b			1.50 \pm 0.16 ^a		
	T5	0.04 \pm 0.02 ^{bc}	35.40	<0.0001	1.54 \pm 0.18 ^a	1.12	0.3534
	T6	0.06 \pm 0.01 ^a			1.56 \pm 0.14 ^a		
40	T1	0.04 \pm 0.0021 ^{bc}			1.85 \pm 0.38 ^a		
	T2	0.04 \pm 0.00097 ^{bc}			1.84 \pm 0.34 ^a		
	T3	0.05 \pm 0.01 ^a			1.80 \pm 0.22 ^a		
	T4	0.04 \pm 0.01 ^{ab}			1.85 \pm 0.27 ^a		
	T5	0.04 \pm 0.0037 ^{bc}	8.95	<0.0001	1.88 \pm 0.23 ^a	0.23	0.9485
	T6	0.04 \pm 0.0011 ^c			1.84 \pm 0.16 ^a		
50	T1	0.10 \pm 0.01 ^d			1.76 \pm 0.29 ^a		
	T2	0.10 \pm 0.01 ^{cd}			1.81 \pm 0.37 ^a		
	T3	0.12 \pm 0.03 ^{abc}			1.77 \pm 0.32 ^a		
	T4	0.11 \pm 0.01 ^{bcd}			1.95 \pm 0.44 ^a		
	T5	0.13 \pm 0.03 ^a	8.55	<0.0001	1.73 \pm 0.20 ^a	2.17	0.0590
	T6	0.13 \pm 0.04 ^{ab}			1.72 \pm 0.19 ^a		
60	T1	0.19 \pm 0.03 ^b			1.54 \pm 0.15 ^c		
	T2	0.19 \pm 0.03 ^b			1.83 \pm 0.25 ^b		
	T3	0.29 \pm 0.05 ^a			1.75 \pm 0.13 ^b		
	T4	0.31 \pm 0.03 ^a			2.12 \pm 0.20 ^a		
	T5	0.28 \pm 0.05 ^a	29.12	<0.0001	2.17 \pm 0.40 ^a	27.85	<0.0001
	T6	0.30 \pm 0.11 ^a			2.04 \pm 0.29 ^a		

Día	Tto	GP (g/d)±D. E	F	p-valor	ICC±D. E	F	p-valor
70	T1	0.32 ± 0.05 ^c	14.29	<0.0001	1.83 ± 0.19 ^{ab}	5.97	<0.0001
	T2	0.35 ± 0.07 ^{bc}			1.92 ± 0.17 ^a		
	T3	0.30 ± 0.10 ^c			1.87 ± 0.21 ^a		
	T4	0.42 ± 0.10 ^{ab}			1.88 ± 0.11 ^a		
	T5	0.49 ± 0.11 ^a			1.95 ± 0.18 ^a		
	T6	0.35 ± 0.14 ^{bc}			1.73 ± 0.16 ^b		
80	T1	0.34 ± 0.07 ^b	7.43	<0.0001	1.55 ± 0.13 ^c	14.54	<0.0001
	T2	0.32 ± 0.07 ^b			1.77 ± 0.22 ^b		
	T3	0.43 ± 0.13 ^a			1.74 ± 0.15 ^b		
	T4	0.31 ± 0.09 ^b			1.82 ± 0.15 ^{ab}		
	T5	0.43 ± 0.14 ^a			1.93 ± 0.25 ^a		
	T6	0.37 ± 0.13 ^{ab}			1.72 ± 0.12 ^b		
90	T1	0.60 ± 0.09 ^{ab}	3.69	0.0034	1.89 ± 0.12 ^b	19.04	<0.0001
	T2	0.53 ± 0.08 ^b			1.94 ± 0.09 ^b		
	T3	0.55 ± 0.10 ^b			1.84 ± 0.15 ^b		
	T4	0.55 ± 0.11 ^b			1.89 ± 0.19 ^b		
	T5	0.63 ± 0.17 ^a			2.15 ± 0.14 ^a		
	T6	0.57 ± 0.09 ^{ab}			1.85 ± 0.14 ^b		
100	T1	0.81 ± 0.21 ^d	38.24	<0.0001	2.14 ± 0.10 ^{ab}	2.99	0.0129
	T2	0.90 ± 0.16 ^{cd}			2.16 ± 0.14 ^{ab}		
	T3	0.82 ± 0.13 ^d			2.19 ± 0.12 ^{ab}		
	T4	1.01 ± 0.25 ^c			2.11 ± 0.21 ^b		
	T5	1.50 ± 0.41 ^a			2.23 ± 0.10 ^a		
	T6	1.30 ± 0.23 ^b			2.13 ± 0.18 ^{ab}		

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

En la tabla 15 se observan la media y la desviación estándar de las variables productivas de los alevines de cachama, durante los 100 días de investigación. La ganancia de peso a partir del día 10 ($F = 4.31$ y $p = 0.0010$), y el índice de condición corporal a partir del día 60 ($F = 27.85$ y $p = <0.0001$), mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para los tratamientos.

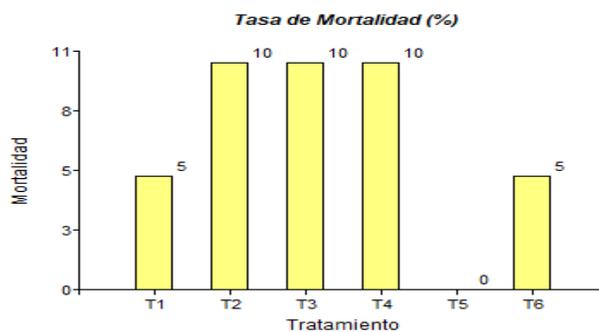
Tenazoa (2010) en su estudio indica que la ganancia de peso diaria promedio fue de 1.7, por otra parte Malpica *et al.* (2014) en su investigación, obtuvieron un promedio de 0.84. En el primer estudio se incluyó proteína de origen vegetal proveniente de la quinua (*Chenopodium quinoa*), en el segundo se utilizó únicamente balanceado comercial. En el presente proyecto el

promedio obtenido fue de 1.5, valor similar al obtenido por Tenazoa (2010), lo que demuestra el potencial de la inclusión de alimentos alternativos a la dieta convencional, esto debido a la calidad de la proteína utilizada y a la composición balanceada de los nutrientes que contiene. En adición a lo mencionado, Tenazoa (2010) sugiere que con niveles de proteína superiores a 45% las ganancias de peso en peces pueden alcanzar 1.3 g/día. Con respecto al ICC los resultados del estudio muestran una tendencia al incremento de la robustez del pez, para este parámetro el T5 logró el mejor promedio con un valor de 2.23, difiriendo estadísticamente ($F = 2.99$ y $p = 0.0129$), del resto de tratamientos. El valor obtenido es similar al promedio del estudio de Malpica *et al.* (2014) en el cual, los peces alimentados con balanceado comercial lograron un índice de condición corporal de 2.4, el rango óptimo para la cachama con respecto a esta variable oscila de 2 a 2.5.

Mortalidad

Figura 17

Tasa de mortalidad acumulada (%) de alevines de Colossoma macropomum para los distintos tratamientos, al culminar la experimentación.



Nota. Autoría propia.

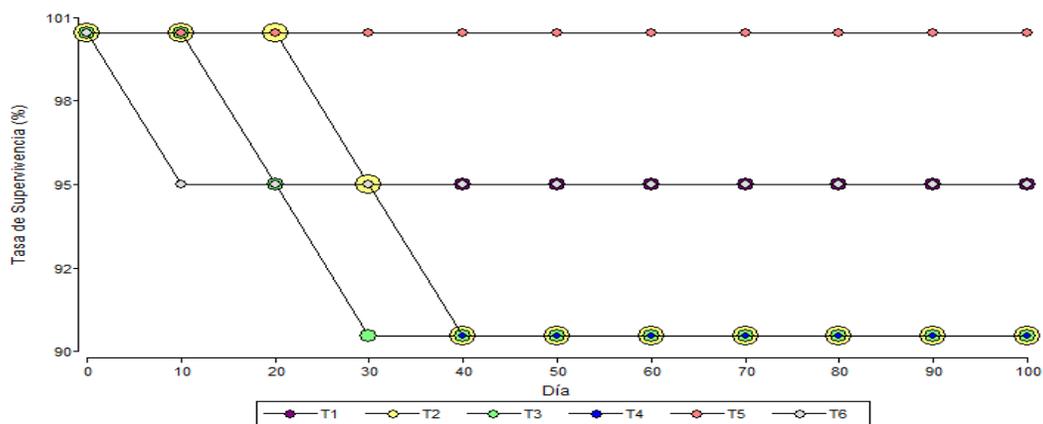
La tasa de supervivencia mostró diferencias significativas ($F = 10.34$; $p = <0.0001$) para los diferentes tratamientos. A lo largo de la investigación, se registró un promedio de supervivencia del 93.33%, que frente al 62.6% del estudio que analizan Quintero *et al.* (2009) empleando artemia salina enriquecida con espirulina en la especie nativa bocachico

(*Prochilodus magdalenae*), se evidencia que independientemente de que ambas especies sean nativas, la inclusión de artemia enriquecida tiene efectos positivos sobre la supervivencia de la Cachama (*Colossoma macropomum*). En adición a lo mencionado Cuan *et al.* (2021) indican un porcentaje de individuos vivos del 78.98% al suministrar únicamente balanceado a la cachama. Por lo que utilizar alimento vivo o natural en acuicultura depende del requerimiento nutricional de la especie y la importancia de su uso se debe a que como la artemia es consumida instantáneamente por el depredador, no se descompone, ni se desperdicia, manteniendo una buena calidad del agua. Además, es importante resaltar el desarrollo de la artemia en medios salinos por lo que no se considera un vector de enfermedades, siempre y cuando se propicie su eclosión para evitar que el corión (hospedador de esporas de virus y hongos) sea suministrado tanto a peces marinos como a peces de agua dulce y a crustáceos, de acuerdo con lo mencionado anteriormente, como se observa en la (Figura 17), la tasa de mortalidad para los tratamientos 5 y 6 fue nula y baja respectivamente.

Supervivencia

Figura 18

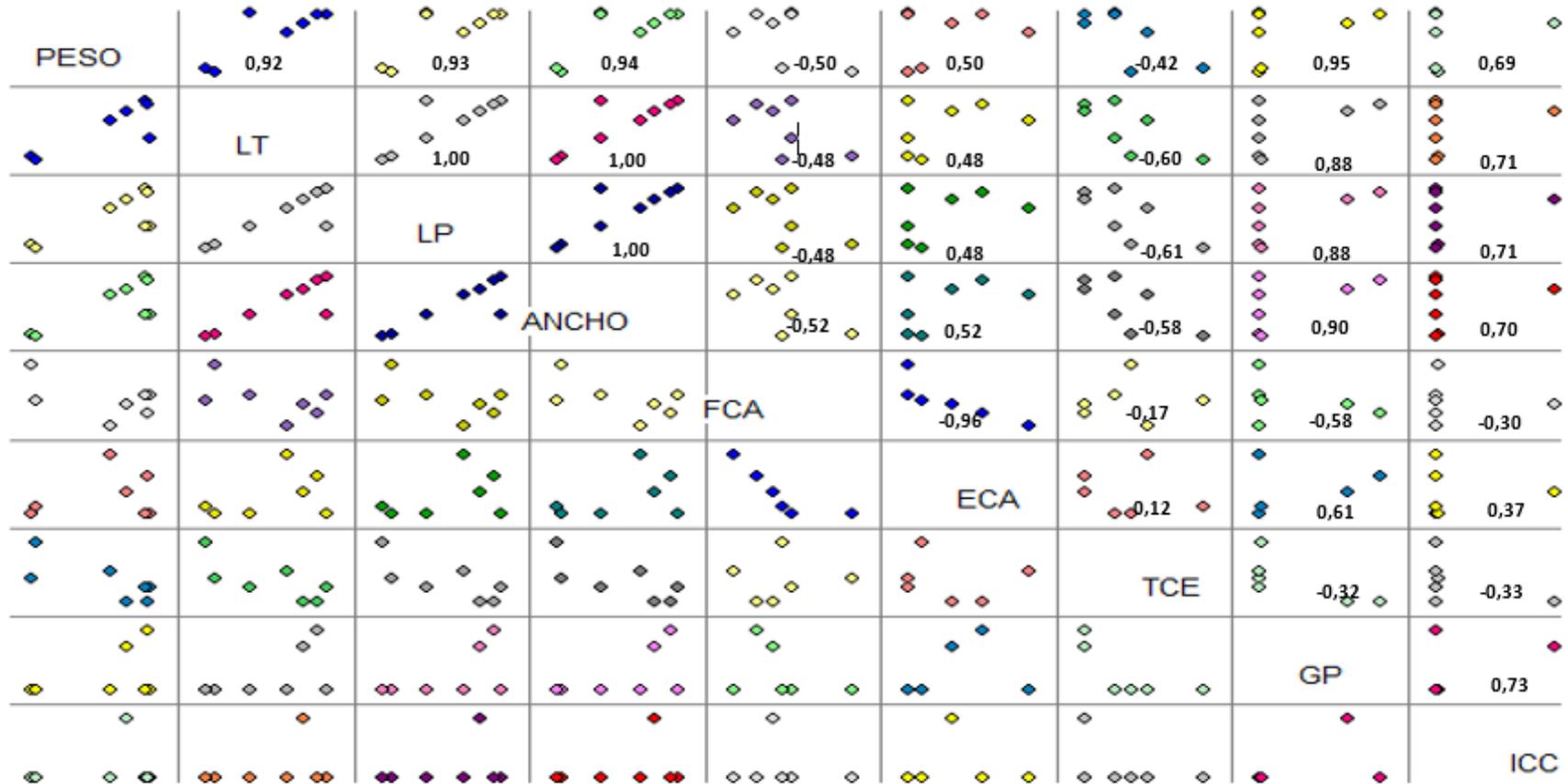
Comportamiento de la tasa de supervivencia (%) de alevines de *Colossoma macropomum* para los distintos tratamientos, a través del tiempo.



Nota. Autoría propia.

Figura 19

Matriz de Correlación de Pearson entre las variables morfológicas y productivas de alevines de Cachama.



Nota. Autoría propia.

De acuerdo con la Correlación de Pearson, en la figura 19 se evidencia que las variables que presentan una correlación positiva son; peso*longitud total, peso*longitud parcial, peso*ancho, peso*ganancia de peso, peso*ICC, longitud total*longitud parcial, longitud total*ancho, longitud total*ganancia de peso, longitud total*ICC, longitud parcial*ancho, longitud parcial*ganancia de peso, longitud parcial*ICC, ancho*ganancia de peso, ancho*ICC, ECA*ganancia de peso y finalmente ganancia de peso*ICC, es decir todos aquellos valores que superen un índice mayor a 0.6; de tal manera que la relación entre las variables mencionadas muestra una alta uniformidad de los datos y una tendencia positiva de estos.

Sin embargo, índices cercanos a 1 o iguales a este valor aseguran un mayor nivel de correlación entre variables, resumiendo que, los alevines de cachama con mayor peso alcanzaron una mayor longitud total ($r = 0.92$), longitud parcial ($r = 0.93$), ancho ($r = 0.94$) y ganancia de peso ($r = 0.95$).

Análisis Económico

En la tabla 16 se observa que los tratamientos en los que al balanceado comercial se incluyó artemia salina enriquecida con espirulina (T5 y T6) tuvieron un mayor beneficio neto comparado con los tratamientos en los que solo se suministró balanceado comercial (T1 y T2) y en los que se suministró balanceado comercial + artemia salina sin enriquecimiento alguno (T3 y T4), sin embargo, el T5 sobresale con respecto al T6, con una diferencia de 1250 USD, situándose como el tratamiento con mejor beneficio neto (16803,18 USD).

Tabla 16*Análisis de presupuesto parcial de los tratamientos implementados*

Variable	Tratamiento					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento (kg)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Rendimiento ajustado (kg)	4750	4500	4500	4500	5000	4750
Utilidad bruta (USD/Tto)	23750	22500	22500	22500	25000	23750
Costo T1 (USD/Tto)	8155,56	-	-	-	-	-
Costo T2 (USD/Tto)	-	8155,56	-	-	-	-
Costo T3 (USD/Tto)	-	-	7848,70	-	-	-
Costo T4 (USD/Tto)	-	-	-	7848,70	-	-
Costo T5 (USD/Tto)	-	-	-	-	8196,82	-
Costo T6 (USD/Tto)	-	-	-	-	-	8196,82
Costo variable total (USD/Tto)	8155,56	8155,56	7848,70	7848,70	8196,82	8196,82
Beneficio neto (USD/Tto)	15594,44	14344,44	14651,28	14651,30	16803,18	15553,18

Nota. Se observa el presupuesto parcial de los 6 tratamientos implementados en la investigación.

Tabla 17

Costos variables del Tratamiento 1 (Balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día)

Variable	T1		
	Cantidad	Precio unitario	Total USD
Balanceado (qq)	155,555	46	7155,53
Artemia salina (lb)	-	-	-
Espirulina (kg)	-	-	-
Alevines de cachama (unidad)	20000	0,05	1000
Costos variables/Tto			8155,5

Nota. Se observan los costos variables del T1.

Tabla 18

Costos variables del Tratamiento 2 (Balanceado comercial con una frecuencia de 6 veces al día)

Variable	T2		
	Cantidad	Precio unitario	Total USD
Balanceado (qq)	155,555	46	7155,53
Artemia salina (lb)	-	-	-
Espirulina (kg)	-	-	-

Variable	T2		
	Cantidad	Precio unitario	Total USD
Alevines de cachama (unidad)	20000	0,05	1000
Costos variables/Tto			8155,5

Nota. Se observan los costos variables del T2.

Tabla 19

Costos variables del Tratamiento 3 (Balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día + nauplios de artemia salina)

Variable	T3		
	Cantidad	Precio unitario	Total USD
Balanceado (qq)	77,77	46	3577,42
Artemia salina (lb)	99,11	33	3270,63
Espirulina (kg)	-	-	-
Alevines de cachama (unidad)	20000	0,05	1000
Costos variables/Tto			7848,05

Nota. Se observan los costos variables del T3.

Tabla 20

Costos variables del Tratamiento 4 (Balanceado comercial con una frecuencia de 6 veces al día + nauplios de artemia salina)

Variable	T4		
	Cantidad	Precio unitario	Total USD
Balanceado (qq)	77,77	46	3577,42
Artemia salina (lb)	99,11	33	3270,63
Espirulina (kg)	-	-	-
Alevines de cachama (unidad)	20000	0,05	1000
Costos variables/Tto			7848,05

Nota. Se observan los costos variables del T4.

Tabla 21

Costos variables del Tratamiento 5 (Balanceado comercial con una frecuencia de 4 veces al día + nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina)

Variable	Cantidad	T5	
		Precio unitario	Total USD
Balanceado (qq)	77,77	46	3577,42
Artemia salina (lb)	99,11	33	3270,63
Espirulina (kg)	6	58,02	348,12
Alevines de cachama (unidad)	20000	0,05	1000
Costos variables/Tto			8196,17

Nota. Se observan los costos variables del T5.

Tabla 22

Costos variables del Tratamiento 6 (Balanceado comercial con una frecuencia de 6 veces al día + nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina)

Variable	Cantidad	T6	
		Precio unitario	Total USD
Balanceado (qq)	77,77	46	3577,42
Artemia salina (lb)	99,11	33	3270,63
Espirulina (kg)	6	58,02	348,12
Alevines de cachama (unidad)	20000	0,05	1000
Costos variables/Tto			8196,17

Nota. Se observan los costos variables del T6.

De la tabla 17 a la 22, se observan los costos variables utilizados en cada tratamiento. Si bien los tratamientos 1 y 2; 3 y 4; 5 y 6 son iguales, varían de acuerdo con la frecuencia con la que se suministró el alimento balanceado. No obstante, se evidencia que el costo es mayor para el T5 y T6, esto se debe a que, aunque se redujo el alimento balanceado comercial a la mitad, se añaden otros insumos que tienen un costo un tanto elevado, pero esto se compensa con la nula tasa de mortalidad presente en el T5 por el alimento vivo incluido en la dieta, generando una mayor utilidad bruta para este tratamiento y por ende un mayor beneficio/costo (Tabla 23).

Tabla 23*Costos variables y Beneficio neto de cada tratamiento*

Tratamiento	Costo variable	Beneficio neto
T1	8155,56	15594,44
T2	8155,56	14344,44
T3	7848,70	14651,30
T4	7848,70	14651,30
T5	8196,82	16803,18
T6	8196,82	15553,18

Nota. La tabla muestra el costo variable y el beneficio neto/tratamiento.

Tabla 24*Análisis Beneficio/Costo de cada tratamiento*

Relación	Tratamiento					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Beneficio/Costo	1,91	1,76	1,87	1,87	2,05	1,90

Nota. En la tabla se observa la (Relación Beneficio/Costo) /Tratamiento.

En la tabla 24 se observa que todos los valores de Relación Beneficio/Costo son superiores a 1. En Agroyectos (2013) se define que los criterios de decisión sobre este parámetro son aceptables siempre y cuando la R B/C sea \geq a 1, valores $<$ a 1 significan que no existe rentabilidad para un proyecto, valores iguales a 1 muestran que el proyecto es factible y que lo invertido se recuperó, por otra parte, valores $>$ a 1 indican que la inversión se recuperó, que se obtuvo una ganancia extra y por supuesto que el proyecto es rentable.

En el presente estudio todos los tratamientos aplicados son superiores a 1, es decir son rentables, sin embargo, se observa que el T5 con una R B/C de 2,05 USD, superó al resto de tratamientos, lo que significa que cada dólar invertido se recuperó y que se obtuvo una ganancia de 1 dólar con 0,05 centavos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con la inclusión de nauplios de artemia salina enriquecidos con espirulina y una frecuencia de suministro de balanceado de 4 veces/día (T5), se obtuvieron individuos con mayor peso corporal 36.10 g y ancho 5.04 cm. Las variables longitud total y parcial no presentaron diferencia significativa para los tratamientos 5 y 6, que difirieron en la frecuencia de alimento comercial, obteniéndose los siguientes valores; 11.72 cm, 11.45 cm y 9.44 cm, 9.24 cm para el T5 y T6 respectivamente.
- Se determinó que existió diferencia significativa para los parámetros productivos entre los tratamientos a los que no se les suministró artemia salina enriquecida, el T5 se mostró mejores resultados, para las variables; TCE, GP, ICC y mortalidad con promedios de 78.72%, 1.50 g/día, 2.23 y 0% respectivamente. Los tratamientos 5 y 6, en los que se incluyó alimento vivo enriquecido, no difirieron estadísticamente a pesar de esto, el T5 exhibió los mejores valores promedio para el FCA 1.34 y la ECA 5.30.
- El análisis económico determinó que, en cuanto a costos variables, los tratamientos 5 y 6 alcanzaron el valor más alto (8196.82 USD) debido al uso de un mayor número de insumos, a pesar de esto el T5 obtuvo mayor beneficio/costo (16803,18 USD) debido a que este tratamiento tuvo una tasa de mortalidad nula. Con respecto a la R B/C, a pesar de que todos los tratamientos son rentables, el T5 supera al resto pues es el tratamiento que presenta un mayor índice de beneficio/costo (2.05 USD).

Recomendaciones

- Se recomienda suministrar artemia salina enriquecida con espirulina, en dosis de acuerdo con el mejor tratamiento, a especies acuícolas cuyo atractivo comercial sea la coloración de su carne como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), debido a que el micro crustáceo artemia por su elevado contenido de carotenoides (color naranja) incrementa la pigmentación rosada de la carne, piel o pelaje de diferentes especies que la consumen.
- Evaluar diferentes dosis de enriquecimiento de artemia salina con espirulina, con la intención de determinar si el resultado de las diferentes variables analizadas es viable.
- Realizar investigaciones con las mismas condiciones de este estudio, en etapa de comercialización de la cachama con el fin de determinar si el uso de artemia salina presenta efectos positivos en la pigmentación de la carne de la especie.
- Realizar análisis de cortes histológicos del intestino anterior, medio y posterior, para observar el ancho de los pliegues, el número de vellosidades y la longitud de este y así determinar el efecto del suministro de artemia enriquecida sobre la absorción de los nutrientes.
- Se recomienda llevar a cabo este estudio en el sector amazónico, nicho adecuado para esta especie acuícola.

Bibliografía

- Acebo, M. (2018, January). *Industria de Acuicultura - estudios industriales orientación estratégica para la toma de decisiones* – [Tesis de pregrado]. *Espae-Espol*. Obtenido de <https://es.readkong.com/page/industria-de-acuicultura-estudios-industriales-9138976>
- Agroproyectos. (2013, August 5). *Que es Relación Beneficio Costo (R B/C) - Agroproyectos*. Obtenido de <https://agroproyectos.org/relacion-beneficio-costo/>
- Alzate, H., & Pardo, S. (2016). Evaluación de fuentes proteicas para el desempeño productivo de cachama blanca *Piaractus brachyomus* en sistema biofloc. *Orinoquia*, 20(2), 50–59. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89659214006>
- Apaza, L. (2019). *Evaluación de raciones elaboradas a base de insumos locales, como alimento suplementario para la producción de pacú (Colossoma macropomum) en la estación experimental Sapecho*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24917/T-2785.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AQUAHOY. (2022, June 15). *Avances en el enriquecimiento de Artemia y Pulga de agua en la larvicultura*. Obtenido de <https://aquahoy.com/avances-enriquecimiento-artemia-pulga-de-agua-larvicultura/>
- Aride, P. H. R., Roubach, R., & Val, A. L. (2007). Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. *Aquaculture Research*, 38(6), 588–594. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/J.1365-2109.2007.01693.X>
- Ariede, R. B., Freitas, M. v., Hata, M. E., Mastrochirico-Filho, V. A., Pilarski, F., Batlouni, S. R., Porto-Foresti, F., & Hashimoto, D. T. (2018). Microsatellites Associated with Growth Performance and Analysis of Resistance to *Aeromonas hydrophila* in Tambaqui

- Colossoma macropomum. *Frontiers in Genetics*, 9(JAN). Obtenido de <https://doi.org/10.3389/FGENE.2018.00003>
- Asem, A., Rastegar, N., & de Los Ríos, P. (2010). The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda). I. True and false taxonomical descriptions. *Lat. Am. J. Aquat. Res*, 38(3), 501–506. Obtenido de <https://doi.org/10.3856/vol38-issue3-fulltext-14>
- Atencio, V. (2001). *Producción de alevinos de especies nativas*. 6(1), 9–14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/693/69360102.pdf>
- Atencio, V., Kerguelén, E., Wadnipar, L., & Narváez, A. (2003). Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ Córdoba*, 8(1), 254–260. Obtenido de <https://doi.org/10.21897/RMVZ.1049>
- Balderas, J., Lares, F., Sandoval, H., Gassos, L., Castro, Meza, M., Gortaréz, P., & Mondaca, I. (2008, September 30). *Caracterización del contenido de ácidos grasos en Artemia franciscana procedente de la bahía de Yavaros, Sonora, México, alimentada con dietas inertes*. Obtenido de <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/147/81>
- Barroso, V. (2012). *Evaluación de tres tipos de alimento en el crecimiento preliminar de la “cachama blanca” (Piaractus brachypomus) en la localidad de santa clara, provincia de Pastaza, Ecuador*. [Tesis de pregrado]. Universidad Estatal Amazónica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/63/1/T.AGROP.B.UEA.1013>
- Belal, E., Khalafalla, M., & El-Hais, A. (2012). Use of spirulina (*Arthrospira fusiformis*) for promoting growth of Nile Tilapia fingerlings. *African Journal of Microbiology Research*, 6(35). Obtenido de <https://doi.org/10.5897/AJMR12.288>
- Benítez, S. (2012). *Efecto de la frecuencia y porcentaje de recambio de agua en el comportamiento productivo de cachama roja (Piaractus brachypomus)*. [Tesis de

pregrado]. Universidad Técnica Equinoccial. Obtenido de
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19913/1/6376_1.pdf

Biomín. (2022, November 28). *Calidad del agua / biorremediación*. Obtenido de
<https://www.biomín.net/mx/especies/acuicultura/calidad-del-agua/-/biorremediacion/>

Buzollo, H., Sandre, L. C. G. de, Neira, L. M., Nascimento, T. M. T. do, Jomori, R. K., & Carneiro, D. J. (2019). Digestible protein requirements and muscle growth in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Nutrition*, 25(3), 669–679. Obtenido de
<https://doi.org/10.1111/ANU.12888>

Cabezas, B., Amaguay, J., Diéguez, K., & Neyfe, S. (2017). *Factores medio ambientales que influyen en el desarrollo de la cachama en la Amazonia ecuatoriana*. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/321346143_factores_medio_ambientales_que_influyen_en_el_desarrollo_de_la_cachama_en_la_amazonia_ecuatoriana

Cairo. (2015). *Pdot parroquia Nanegal*. Obtenido de
http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20NANEGAL%202015.pdf

Cantos, M., & Weir, M. (2019). *Plan de negocios para la comercialización de Cistos de Artemia a laboratorios de larvas en la península de Santa Elena en el año 2019*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12797>

Castro, A. (2012, October 15). *La Artemia salina, una exquisitez para tus peces de acuario*. – *Blog de Acuariofilia, Biología y Medioambiente (Antonio Castro)*. Obtenido de
<https://acubiomed.com/la-artemia-salina-una-exquisitez-para-tus-peces-de-acuario/>

- Castro B, T., Castro M, J., Castro, J., & Miramontes, B. (2003). Microelementos en nauplios de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) de seis poblaciones mexicanas y su relación con peces y crustáceos. *Hidrobiológica*, 13(4), 317–320. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972003000400009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Castro, Lara, & Castro, G. (2003, January). *Alimento vivo en la acuicultura*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237609256_Alimento_vivo_en_la_acuicultura
- Choi, J., Han, G., Lee, K., Byun, S., Lim, H., Lee, C., Lee, D., & Kim, H. (2021). Effects of feeding differentially enriched *Artemia* nauplii on the survival, growth, fatty acid composition, and air exposure stress response of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) larvae. *Aquaculture Reports*, 21, 100829. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100829>
- Cimmyt. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Crisóstomo, L., & Band, C. (1999). *Efecto de la composición bioquímica de microalgas sobre el valor nutritivo de dos cepas de artemia*. Obtenido de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx//handle/123456789/14808>
- CTAQUA. (2017). *Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal*. Obtenido de <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>
- Cuan, A., Parada, L., Murillo, R., & Ramírez, A. (2021). Parámetros productivos del cultivo de cachama blanca *Piaractus orinoquensis*, en jaulas flotantes. *Revista U.D.C.A Actualidad*

- & *Divulgación Científica*, 24(2). Obtenido de
<https://doi.org/10.31910/RUDCA.V24.N2.2021.2068>
- De Lara, R., Castro, T., Castro, J., Castro, G., Malpica, A., & García, V. (2005). *La importancia de Spirulina en la alimentación acuícola*. Obtenido de
<http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n57ne/spirulina.pdf>
- Escudero, L. (2021). *Revisión del uso de la microalga Spirulina (Arthosphira spp.) para reducir el contenido en harinas y aceite de pescado en las dietas para acuicultura*. Obtenido de
<https://riunet.upv.es/handle/10251/175576>
- Estévez, I. (2018). *Evaluación de la adaptabilidad de tres especies de cachama: negra (Colossoma macropomum), blanca (Piaractus brachypomus), e híbrida (Colossoma x piaractus), en la comunidad de san pedro, cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica del Norte. Obtenido de
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8078/1/03%20AGP%20228%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- FAO. (1988, February). *Manual operativo y definición de un laboratorio de 160 millones de plano*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/AC410S/AC410S00.htm#TOC>
- FAO. (2010). *Nutrición y alimentación de los peces*. Obtenido de
https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Obtenido de
<https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Ferreira Da Costa, O. T., dos Santos Ferreira, D. J., Presti Mendonça, F. lo, & Fernandes, M. N. (2004). Susceptibility of the Amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminae), to

short-term exposure to nitrite. *Aquaculture*, 232(1–4), 627–636. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00524-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00524-6)

Flores, A., & Brown, A. (2010, January). *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*. Obtenido de [moz-extension://2df3293c-8c39-4ce5-b749-ffca347bab5f/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.observatorio-acuicultura.es%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fimages%2Fadjuntos%2Flibros%2Fpeces_nativos_agua_dulce_america_sur_interes_acuicultura_fao.pdf](https://www.moz-extension://2df3293c-8c39-4ce5-b749-ffca347bab5f/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.observatorio-acuicultura.es%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fimages%2Fadjuntos%2Flibros%2Fpeces_nativos_agua_dulce_america_sur_interes_acuicultura_fao.pdf)

Gomes, L., Roubach, R., & Araujo, C. (2006). Transportation of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a closed system. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2 A), 493–502. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300015>

González, R. (2001). *El cultivo de la cachama*. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19715/65037_27479.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2020). The True Value of Spirulina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(14), 4109–4115. Obtenido de <https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.9B08251>

Hodar, A., Vasava, R., & Joshi, N. (2020). *Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review*. Obtenido de <https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue9/PartI/10-8-322-305.pdf>

Jácome, J., Quezada, C., Romero, O., Pérez, J., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543–550. Obtenido de <https://doi.org/10.15381/RPB.V26I4.16343>

- Krause, J., Chávez, J., Espinoza, W., & Montreuil, V. (2000). *Desarrollo de la acuicultura en la Amazonia continental*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=oD0qAAAAYAAJ&pg=PA106&dq=CULTIVO+DE+CACHAMA+NEGRA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjIj4yugZv1AhU4RjABHTyLDycQ6AF6B> AgJEAl#v=onepage&q=CULTIVO%20DE%20CACHAMA%20NEGRA&f=false
- Kubitza, F. (1998, February 28). *Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte I | Revista Panorama da Aqüicultura*. Obtenido de <https://panoramadaaquicultura.com.br/qualidade-da-agua-na-producao-de-peixes-parte-i/>
- Lecaro, H. (2021). *Universidad agraria del ecuador facultad de medicina veterinaria y zootecnia carrera de medicina veterinaria y zootecnia médico veterinario y zootecnista*. [Tesis de pregrado]. Universidad Agraria. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LECARO%20MENDOZA%20ALEJANDRA.pdf>
- Ledesma, O. (2017, May). *Evaluación de la toxicidad de los combustibles (magna, premium, diésel), mediante bioensayos utilizando artemia franciscana como bioindicador*. | *Enhanced Reader*. Obtenido de <http://risisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1930/GC1080.2017-1930.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Loayza, W. (2017). *Crecimiento y sobrevivencia en la primera etapa de alevinaje de Trichomycterus rivulatus (suche) alimentados con nauplio de Artemia salina y Daphnia pulex en condiciones controladas*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_5745757e0683b3269aa24e0b89c900bf
- Loqui, A., Tumbaco, C., Zambrano, M., & Casignia, D. (2022). Evaluación del crecimiento de “Piaractus brachypomus” en dos sistemas de producción complementando la

- alimentación con harina de soya, maíz hidropónico y su análisis sensorial. *RECIAMUC*, 6(1), 15–24. Obtenido de [https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/6.\(1\).ENERO.2022.15-24](https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/6.(1).ENERO.2022.15-24)
- Lynn, K. (2014, June 9). *Presupuestos para Tomar Decisiones Agrícolas*. Obtenido de <https://extension.psu.edu/presupuestos-para-tomar-decisiones-agricolas>
- Maldonado, T., & Rodríguez, L. (2005). *Biomass production and nutritional value of Artemia sp. (Anostraca: Artemiidae) in Campeche, México*. *Revista de Biología Tropical*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44918947012>
- Malpica, A., Ramírez, J., & Torres, A. (2014). *Evaluación de la restricción alimenticia sobre el crecimiento compensatorio en alevinos de cachama blanca (Piaractus brachypomus)*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1057&context=ca>
- Martínez, M. (1994). *Entre la acuicultura de los “más pobres” y la de los “menos pobres.”* Obtenido de <https://www.fao.org/3/ab478s/AB478S00.htm#TOC>
- Miravalles, A. (2018). *Optimización del enriquecimiento lipídico de nauplios de Artemia franciscana como fuente de alimento*. Obtenido de moz-extension://2df3293c-8c39-4ce5-b749-ffca347bab5f/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fdigital.csic.es%2Fbitstream%2F10261%2F191920%2F1%2FOptimizaci%25C3%25B3n_cultivo.pdf
- Nature Conservancy. (2020, August 12). *Cultivo de peces como alternativa de producción sostenible en los ríos de la Amazonia ecuatoriana*. Obtenido de <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/ecuador/historias-en-ecuador/paiche-cachama-comunidades-indigenas-amazonia-ecuatoriana/>

- Navarro, G., Tizol, R., & Díaz, D. (1997). Análisis de indicadores nutricionales en artemia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 26, 105–108. Obtenido de <https://doi.org/10.25268/BIMC.INVEMAR.1997.26.0.366>
- Navarro, R., Casanova, G., & Aguilera, M. (2009, August 1). *Resultados y Lecciones en Producción del Crustáceo Artemia en Salinas Proyectos de Innovación en Región de O’Higgins - Opia.CL: Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal*. Obtenido de https://opia.fia.cl/601/w3-article-75615.html?_external_redirect=articles-75615_archivo_01.pdf
- Oliveira, R., Bentes, A., & Martins, H. (2018). *Criação de tambaquis*. Obtenido de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094579/1/CriacaodeTambaquisAINFO.pdf>
- Ortega, C. (2018). *¿Qué es el coeficiente de correlación de Pearson?* Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>
- Osorio, Y. (2018). *Alimentación alternativa en Alevines de especies nativas y promisorias de Colombia*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ibagué. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12494/13795>
- Peñuela, Z., Hernández, G., Corredor, J., & Cruz, P. (2007). Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal. *Orinoquia*, 11(1), 49–55. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=896111105>
- Poleo, G., Aranbarrio, J. V., Mendoza, L., & Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(4), 429–437. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>

- Prieto, M. (2006). Alimento vivo y su importancia en acuicultura. *Revista Electrónica de Ingeniería En Producción Acuicola*, 2(2). [Tesis de pregrado]. Universidad de Nariño. Obtenido de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1597>
- Prieto, M., Castaño, F., Sierra, J., Logato, P., & Botero, J. (2006, March 30). *Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: Copépodos y mesocosmos*. Obtenido de <https://revistamvz.unicordoba.co/article/view/1042/1275>
- Quintero, V., Cardona, A., & Grisales, F. (2009, January). *Producción artesanal del rotífero *Philodina* sp. y de algas para la alimentación de post-larvas de bocachico* Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169913326009>
- Reyes, W., Cabrera, R., Velásquez, A., & Huamán, G. (2021, March). *Manual on the production of *Artemia franciscana* as food for larval and juvenile fish*. Obtenido de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3531/1/Informe%2048-1%20Articulo8.pdf>
- Ruiz, O. (2008). *Caracterización de diversas poblaciones de artemia desde el punto de vista de su composición en ácidos grasos y de sus patrones moleculares*. Obtenido de <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/15835/ruiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santamaría, S. (2014). *Nutrición y Alimentación en Peces Nativos*. Obtenido de <https://repository.unad.co/bitstream/handle/10596/2697/23591903.pdf;jsessionid=BF649F56920F4A2238EA62368AA0560A.jym1?sequence=1>
- Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, S. (2017). *Superfood and Functional Food: The Development of Superfoods and Their Roles ...* - Google Libros. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=nnCPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Prominent+Superfood+:+Spirulina+platensis+Technology+%26+Medicine.&ots=HAXqRBBNEZ&sig=x4Eva3v_X59ivW_pGNUCTyADvve#v=onepage&q&f=false

- Stottrup, J., & McEvoy, L. (2003). Live Feeds in Marine Aquaculture. *Live Feeds in Marine Aquaculture*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9780470995143>
- Tenazoa, L. (2010). *Efecto de niveles proteicos provenientes de la quinua, Chenopodium quinoa W. (Quenopodiaceae) en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) Cultivados en corrales*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Obtenido de <https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3071/T%20636.084%20T37.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torrentera, L., & Tacon, A. (1989). *La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ab473s/AB473S00.htm#TOC>
- Torres, V., Monserrat, J., Bessonart, M., Magnone, L., Romano, L., & Borges, M. (2019). Fish oil and meal replacement in mullet (*Mugil liza*) diet with *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) and linseed oil. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 218, 46–54. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.CBPC.2018.12.009>
- Valladão, G. M. R., Gallani, S. U., & Pilarski, F. (2018). South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 10(2), 351–369. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/RAQ.12164>
- Velayudhannair, K., Divya, K. R., Isamma, A., Arunjith, T. S., Sureshkumar, S., & Krishnakumar, V. (2014). *Effect of Enriched Artemia franciscana on Production, Survival, Growth and Biochemical Composition of the Freshwater Fish Catla catla (Hamilton, 1922)*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Krishnakumar-Velayudhannair/publication/305807194_Effect_of_Enriched_Artemia_franciscana_on_Production_Survival_Growth_and_Biochemical_Composition_of_the_Freshwater_Fish_Catla_catla_Hamilton_1922/links/57a2283508ae5f8b258baae3/Effect-of-Enriched-Artemia-

franciscana-on-Production-Survival-Growth-and-Biochemical-Composition-of-the-Freshwater-Fish-Catla-catla-Hamilton-1922.pdf

Vergara, M. (2005). *Nutrición en acuicultura - Requerimientos nutritivos de la Dorada*. Obtenido de <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/947/2/136.pdf>

Victoriano, R., Silva, A., Vega, A., Araya, M., & Cornejo, L. (2012). Efecto del Aumento de la Temperatura, Frecuencia de Alimentación y Ración de Alimento en el Crecimiento de Juveniles de Turbot *Psetta maxima*. *International Journal of Morphology*, 30(3), 902–907. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000300023>

Villamar, C. (2000). La Artemia salina y su importancia en la producción camaronera. *Revista AquaTIC*, 0(11). Obtenido de <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/95>

Wright, J. (2017, January 30). *Artemia, el 'polvo mágico' que alimenta una industria multimillonaria*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/artemia-el-polvo-magico-que-alimenta-una-industria-multimillonaria/>

Zazurca, S. (2020). *Evaluación de la composición de HUFAs en Artemia enriquecida con emulsiones lipídicas comerciales*. Obtenido de <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/2265/Ainsa%2C%20S.%20%282020%29.%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20composici%C3%B3n%20de%20HUFAs%20en%20Artemia%20enriquecida%20con%20emulsiones%20lip%C3%ADdicas%20comerciales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>