

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“INCLUSIÓN DE MATERIAS PRIMAS VEGETAL Y ANIMAL EN LA
DIETA DE *Colossoma macropomum* (CACHAMA NEGRA) Y SU
INCIDENCIA EN EL CRECIMIENTO EN CONDICIONES DE
LABORATORIO.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención de título de

BIÓLOGO

AUTOR


DEYVID ALBERTO GOMES RIOS

TUTOR

BLGA. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M.SC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“INCLUSIÓN DE MATERIAS PRIMAS VEGETAL Y ANIMAL EN LA
DIETA DE *Colossoma macropomum* (CACHAMA NEGRA) Y SU
INCIDENCIA EN EL CRECIMIENTO EN CONDICIONES DE
LABORATORIO.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención de título de

BIÓLOGO

AUTOR:

DEYVID ALBERTO GOMES RIOS

TUTOR:

BLGA. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M.SC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

A mis padres Tania y Héctor, quienes me han brindado su amor, comprensión, paciencia, tiempo, motivación y sobre todo el apoyo incondicional para poder lograr culminar con mis estudios y alcanzar mis metas propuestas.

A mi hermana Tatiana por ser una persona ejemplar quien ha estado conmigo en todo momento, días buenos y malos, además de brindarme consejos y apoyo incondicional.

A mi hermana Analía, quien con su inocencia y cariño me ha motivado a ser mejor persona, seguir adelante y ser un ejemplo para ella.

A mi enamorada Angie, quien ha sido una persona muy importante y fundamental en el trayecto de mis estudios y vida personal, brindándome su apoyo, cariño y sobre todo motivación para salir adelante.

A mis familiares más cercanos, amistades y a mi amigo desde el inicio universitario Miguel Rey, quienes han estado pendientes del largo camino mío como estudiante.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria, por bendecirme, guiarme por un buen camino y sobre todo haberme permitido cumplir una de las metas más importante en mi vida.

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en especial a la facultad de Ciencias del Mar, por su apoyo brindado y haberme formarme como profesional.

Así mismo, mis agradecimientos hacia mi tutora Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc, por haberme guiado en todo momento, quien con su experiencia y conocimiento logró guiarme en la elaboración del proyecto de investigación.

De igual forma, agradezco a todos los docentes que imparten sus conocimientos en la carrera de biología, han sido una gran guía a lo largo del proceso de la carrera, fomentando conocimientos, valores y en especial la ética profesional.

Por último, agradezco al Ing. Carlos Tomalá Rodríguez gerente general del laboratorio “INCAMAR S.A” quien me brindó sus instalaciones y a su equipo de trabajo que fue de gran ayuda para efectuar mi trabajo de investigación.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS DEL MAR



Ing. Jimmy Villón Moreno, Msc.
DIRECTOR DE CARRERA
BIOLOGÍA



Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.
DOCENTE TUTOR



Ac. José Melena Cevallos, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA



Ab. María Rivera González, Mgtr.
SECRETARIA GENERAL-PROCURADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Gomes Rios Deyvid Alberto**, declaro bajo responsabilidad que las ideas, análisis y resultados expuestos que el presente trabajo de investigación me corresponde exclusivamente, y de pertenencia intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Gomes Rios Deyvid Alberto

C.I: 0705603694

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 Objetivo general	7
4.1.2 Objetivos específicos	7
5. HIPÓTESIS	7
6. MARCO TEÓRICO	8
6.1.1 Biología de la especie	8
6.1.2 Antecedentes.....	9
6.1.3 Origen y distribución.....	10
6.2 Taxonomía.....	11
6.3 Ciclo de vida.....	12
6.3.1 Reproducción.....	13
6.3.2 Hábito alimenticio.....	13
6.4 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	14
6.4.1 Proteínas y aminoácidos	14
6.4.2 Carbohidratos.....	14
6.5.3 Vitaminas y minerales	15
6.4.4 Lípidos y grasas	17
6.5 ALIMENTACIÓN EN CAUTIVERIO.....	17
6.5.1 Alimento natural	17
6.5.2 Alimento balanceado	18
6.5.3 Alimento alternativo	19
6.6 MATERIAS PRIMA A UTILIZAR EN LA DIETA ALTERNA	20
6.6.1 Hojas de yuca.....	20
6.6.2 Harina de maíz.....	21
6.6.3 Harina de soya	22
6.6.4 Harina de pescado.....	23

6.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO.....	24
6.7.1 Recepción de materia prima	24
6.7.2 Picado y Secado.....	24
6.7.3 Molienda.....	24
6.7.4 Pesaje	25
6.7.5 Mezclado.....	25
6.7.6 Peletizado.....	25
6.7.7 Secado.....	25
6.7.8 Empacado.....	26
6.8 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	26
6.8.1 Temperatura.....	26
6.8.2 Oxígeno disuelto.....	27
6.8.3 pH.....	28
7. METODOLOGÍA.....	29
7.1 Área de estudio.....	29
7.2 Tipo de investigación de investigación	30
7.3 Elaboración del alimento balanceado.....	30
7.3.1 Origen de los insumos.....	30
7.3.2 Preparación del balanceado	31
7.4 Implementación del sistema de cultivo	32
7.4.1 Aclimatación de alevines de <i>C. macropomum</i>	32
7.4.2 Parámetros del agua.....	33
7.4.3 Tratamientos de asimilación	33
7.4.4 Control de crecimiento.....	34
7.4.5 Análisis estadístico	35
7.4.6 Alimentación.....	35
7.5 Evaluación del rendimiento productivo (FCA, EA y sobrevivencia).....	35
7.5.1 Factor de conversión alimenticio.....	36
7.5.2 Sobrevivencia.....	36
7.5.3 Eficiencia alimenticia	36

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
8.1 Análisis bromatológico del alimento balanceado artesanal.....	37
8.2 Crecimiento	38
8.3 Variables del rendimiento productivo	41
8.3.1 Factor de conversión alimenticia	41
8.3.2 Eficiencia alimenticia	42
8.3.3 Tasa de sobrevivencia.....	43
9. DISCUSIÓN	45
10. CONCLUSIONES	48
11. RECOMENDACIONES	49
13. ANEXOS.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colossoma macropomum (Cachama negra).....	11
Figura 2. Ubicación geográfica “INCAMAR S.A”	29
Figura 3. Esquema de distribución de los Tratamientos.	34
Figura 4. Comparación de los pesos promedio entre los tratamientos experimentales.....	39
Figura 5. Comparación de los pesos promedio entre los tratamientos experimentales.....	40
Figura 6. Comparación de las tallas promedio entre loa tratamientos experimentales.....	40
Figura 7. Comparación de las tallas promedio entre los tratamientos experimentales.....	41
Figura 8. Comparación del Factor de Conversión Alimenticia promedio entre los tratamientos experimentales.....	42
Figura 9. Comparación de la Eficiencia Alimenticia promedio entre los tratamientos experimentales.....	43

Figura 10. Comparación de la sobrevivencia final entre los tratamientos experimentales.....	44
--	----

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Análisis nutricional del alimento comercial.....	18
Tabla 2. Tamaño del pellet recomendado	19
Tabla 3. Composición proximal de la hoja de yuca	20
Tabla 4. Composición proximal de la harina de maíz.....	21
Tabla 5. Composición proximal de la harina de soya	22
Tabla 6. Composición proximal de la harina de pescado.....	23
Tabla 7. Formulación del alimento artesanal	32
Tabla 8. Análisis bromatológico del alimento artesanal	37
Tabla 9. Desarrollo del peso y la talla del grupo control y los tratamientos.	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Selección de materia prima	56
Anexo 2. Secado solar.....	56
Anexo 3. Proceso de molienda.....	56
Anexo 4. Harina de hoja de yuca	57
Anexo 5. Harina de pescado	57
Anexo 6. Harina de soya.....	57
Anexo 7. Proceso de peletizado	58
Anexo 8. Alimento artesanal.....	58
Anexo 9. Preparación de tanques de cultivo	58
Anexo 10. Aclimatación térmica de alevines	59
Anexo 11. Alimentación comercial	59
Anexo 12. Alimentación artesanal	59
Anexo 13. Proceso biométrico (peso).....	60
Anexo 14. Proceso biométrico (talla)	60

Anexo 15. Oxígeno disuelto	60
Anexo 16. Temperatura y pH.....	61
Anexo 17. Tratamiento control; control de crecimiento, Alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.	61
Anexo 18. Tratamiento 1; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.	61
Anexo 19. Tratamiento 2; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.	62
Anexo 20. Tratamiento 3; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.	62
Anexo 21. Tratamiento 4; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.	62
Anexo 22. Análisis comparativo de peso en los tratamientos: T0, T1, T2, T3 y T4.	63
Anexo 23. Análisis comparativo de talla en los tratamientos: T0, T1, T2, T3 y T4.	63
Anexo 24. Análisis comparativo de FCA en los tratamientos: T0, T1, T2, T3 y T4.	64
Anexo 25. Análisis comparativo de EA en los tratamientos: T0, T1, T2, T3, y T4.	64

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

Acuicultura: Conjunto de técnicas para dirigir y fomentar la reproducción de especies acuáticas.

Balanceado: Dieta que satisface los requerimientos nutricionales

Bromatología: Estudio de la composición y propiedades de un alimento

Crecimiento: Aumento cuantitativo de biomasa por unidad de tiempo.

Nutrición: Proceso biológico en el que los organismos asimilan nutrientes.

Parámetros físico-químicos: Datos interpretativos de los indicadores biológicos.

Piscicultura: Técnica que se ocupa de dirigir y fomentar el cultivo de peces.

Sobrevivencia: Conservación de la vida animal tras una situación difícil.

cm: centímetro

Kg: Kilogramo

g: Gramo

°C: Temperatura

%: Porcentaje

L: Litros

ABREVIATURAS

AUNAP: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

DO: Oxígeno disuelto

EA: Eficiencia Alimenticia

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura

FCA: Factor de Conversión Alimenticia

FEDNA: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca

pH: Potencial hidrógeno

T0: Tratamiento control

T1: Tratamiento 1

T2: Tratamiento 2

T3: Tratamiento 3

T4: Tratamiento

RESUMEN

La cachama negra (*Colossoma macropomum*), es un pez de agua dulce de la familia Serrasalminidae, conocida comúnmente como gamitana, pacú negro y tambaquí, nativo de América del sur, de las cuencas del río Amazonas y Orinoco. El cultivo de cachama se ha incrementado en la región amazónica del Ecuador, debido a su alto valor nutricional y fácil manejo del sistema productivo. El alimento balanceado comercial demanda un alto costo en el mercado; por lo tanto, el presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de formular un alimento balanceado a base de diversas materias primas; harina de hoja de yuca, harina de maíz, harina de soya y harina de pescado como reemplazo al alimento comercial. Durante 60 días, alevines de cachama fueron expuestos a tratamientos experimentales de alimento artesanal (25%, 50%, 75% y 100%) y un grupo control del 100% de alimento comercial. El análisis bromatológico del alimento artesanal presentó contenido de proteínas de 19.53 ± 0.98 ; humedad 9.11 ± 0.17 ; Grasa 6.29 ± 0.16 ; ceniza 9.05 ± 0.50 , y 46.02 % de carbohidratos. Mediante la prueba estadística ANOVA de un factor con una significancia de $p > 0.05$, se determinó que los tratamientos a base de alimento artesanal son similares a los resultados de crecimiento obtenidos con alimento comercial. Por otro lado, los análisis respecto al FCA y EA no presentan diferencia significativa en los diferentes tratamientos. El porcentaje de sobrevivencia se estipuló por encima del 90%. Resulta poco eficiente el uso del alimento artesanal en etapa de alevinaje en el crecimiento.

Palabras clave: cachama, crecimiento, FCA, EA, alimento balanceado.

ABSTRACT

The “cachama negra” (*Colossoma macropomum*), is a freshwater fish of the family Serrasalminidae, commonly known as gamitana, black pacú and tambaqui, native to South America, the Amazon and Orinoco river basins. The cultivation of cachama has increased in the Amazon region of Ecuador, due to its high nutritional value and easy management of the productive system. Commercial feed demands a high cost in the market; Therefore, the present research work was carried out with the objective of formulating a balanced feed based on various raw materials; cassava leaf meal, corn meal, soybean meal and fish meal as a replacement for commercial feed. For 60 days, cachama fry were exposed to experimental treatments of artisanal food (25%, 50%, 75% and 100%) and a control group of 100% commercial food. The bromatological analysis of the artisanal food presented protein content of 19.53 ± 0.98 ; humidity 9.11 ± 0.17 ; Grasat 6.29 ± 0.16 ; ash 9.05 ± 0.50 , and 46.02% carbohydrates. By means of the ANOVA statistical test of a factor with a significance de $p > 0.05$, it was determined that the treatments based on artisanal food are similar to the growth results obtained with commercial food. On the other hand, the analyses regarding FCA and AE do not show significant differences in the different treatments. The survival rate was stipulated above 90%. The use of artisanal food in the fingerling stage in growth is inefficient.

Keywords: cachama, growth, FCA, EA, balanced feed.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura a nivel mundial ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años y se ha convertido en uno de los sectores más productivos en términos de suministro de alimentos. Representa aproximadamente el 50% de los productos destinados a la alimentación humana y animal. Sin embargo, se enfrenta a desafíos relacionados con los altos costos de producción. En particular, la demanda de alimento comercial constituye una parte considerable de los costos operativos, lo que representa una importante pérdida económica (FAO, 2017).

En el ámbito nutricional, la alimentación animal ha adquirido una gran relevancia con el crecimiento y desarrollo productivo. La nutrición acuícola busca satisfacer sus necesidades nutricionales y promover crecimiento, desarrollo, engorde y reproducción. Un alimento con un alto valor nutricional se traduce en una mayor eficiencia productiva y supervivencia de los organismos (Bahense, 2023).

Dentro de la Amazonía, la familia de peces Characidae es uno de los grupos más diversos y abundantes. Se estima que esta familia está compuesta por 150 a 170 géneros y más de 700 especies. Estas especies de agua dulce se distribuyen desde el norte hasta el sur de América (Bello & Gonzales, 2018).

El cultivo de la especie *Colossoma macropomum*, conocida como cachama negra, ha experimentado un incremento en el mercado nacional. Algunas provincias amazónicas del Ecuador han optado por producir esta especie debido a su facilidad de cultivo y su capacidad de consumo de alimentos naturales. Por lo tanto, se ha planteado la elaboración de una dieta basada en ingredientes de bajo costo que satisface las necesidades nutricionales de un alimento comercial (MAGAP, 2019).

El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar un alimento alternativo utilizando ingredientes de origen vegetal y animal, como hojas de yuca (*Manihot esculenta*), harina de soja (*Glycine max*), harina de maíz (*Zea mays*) y harina de pescado. Estos ingredientes tienen altos niveles de proteínas que influirán en el crecimiento, especialmente durante las etapas de alevinaje y juvenil, brindando una alternativa de alimentación balanceada que permitirá reducir los costos de las materias primas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, ha habido un aumento en el cultivo de especies de agua dulce debido a la creciente demanda comercial y la importancia económica de la industria productora (Tveteras et al., 2020). Sin embargo, este crecimiento ha tenido consecuencias negativas en términos de relación costo-beneficio. aproximadamente entre el 50% y el 60% de la producción se destina a la alimentación (González, 2021).

Es crucial asegurar que los alimentos proporcionados durante el cultivo cumplan con los requisitos nutricionales básicos para garantizar el crecimiento, la reproducción y la salud de los organismos. La falta de nutrientes puede reducir la tasa de crecimiento e incluso aumentar la susceptibilidad a enfermedades. Por otro lado, un exceso de nutrientes puede provocar una disminución en el consumo debido a la saciedad prolongada y un crecimiento deficiente (Velasco & Gutiérrez, 2019).

Aunque el cultivo de la especie conocida como cachama aún no ha obtenido un reconocimiento a nivel nacional, ha demostrado su potencial en países vecinos como Perú, Colombia y Brasil. Se han explorado diversas alternativas para reducir los altos costos de los alimentos balanceados, como la inclusión de dietas alternativas basadas en cultivos sostenibles como maíz, yuca, soya, cacao y plátano.

Sin embargo, la falta de conocimiento ha llevado a que la mayoría de los productores acaben dependiendo del comercio (Ortiz, 2021).

Es importante destacar que una dieta equilibrada puede carecer de nutrientes esenciales presentes en el alimento vivo, especialmente el zooplancton (Borrel, 2013) , no obstante, es necesario explorar otras opciones de alimentos con una composición similar o incluso superior a la del alimento comercial.

En la producción de especies de agua dulce, los productores no aprovechan adecuadamente las diversas materias primas de origen animal y vegetal como fuentes alternativas de alimentación. Ecuador cuenta con una amplia variedad de vegetales que podrían ser útiles en la alimentación animal debido a su disponibilidad y bajo costo de obtención.

3. JUSTIFICACIÓN

La producción de especies acuáticas ha experimentado un crecimiento notable debido a la demanda comercial, lo que ha llevado a un aumento en la crianza de especies continentales de interés acuícola, como *Colossoma macropomum*, en varias regiones orientales del Ecuador debido a su alto valor económico y comercial. Con el fin de reducir los costos de producción, se han propuesto diversas dietas alternativas, lo que ha permitido a los productores minoritarios lograr una actividad acuícola rentable, con gastos operacionales cercanos al 50% (INPESCA, 2020).

El cultivo y desarrollo de la cachama negra requiere un manejo alimenticio cuidadoso, concediendo altas concentraciones nutricionales en la calidad muscular, entre 18 y 33% de proteína, altos contenidos de fosforó y vitaminas, lo que hacen que tenga un alto valor comercial (Avellaneda et al., 2022).

Normalmente los productores no disponen de los recursos económicos para adquirir las materias primas necesarias, por lo tanto, es crucial desarrollar un alimento alternativo para reducir los gastos operacionales en la piscicultura. Además, la utilización de otras fuentes de materias primas brinda una opción para obtener proteínas de origen vegetal y animal a bajo costo (González, 2021).

La yuca (*Manihot esculenta*) es considerada una fuente nutricional importante en el ámbito alimenticio. Las hojas de yuca son especialmente ricas en proteínas, minerales y vitaminas, aunque presentan la desventaja de contener ácido cianhídrico, que aumenta con la edad y las condiciones del suelo. Sin embargo, este contenido disminuye mediante el proceso de secado solar (Herrera et al., 2019).

El desarrollo de alimentos balanceados utilizando materias primas de origen animal y vegetal tiene como objetivo aumentar la producción animal a bajo costo, al mismo tiempo que promueve la búsqueda de nuevas alternativas para facilitar el cultivo de especies de interés comercial (Alvarez & Pelegrín, 2011).

Se llevará a cabo una evaluación de materias primas de origen animal y vegetal en la dieta de la cachama y su impacto en el crecimiento. El objetivo es contribuir al sector piscícola mediante la implementación de una nueva dieta que cumpla con los requisitos nutricionales necesarios para esta especie.

En la actualidad, la cachama negra es una especie de gran valor comercial en la acuicultura en los países sudamericanos. Se la considera resistente a tratamientos y enfermedades (Dañino & Nash, 2008 citado en Tomalá *et al.*, 2014). Además, es muy apreciada por su sabor, textura y alto valor nutricional.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la inclusión de dos tipos de dieta, mediante la elaboración de un alimento artesanal y comercial determinando el crecimiento de *Colossoma macropomum* (Cachama negra).

4.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar el alimento a base de materias primas evaluando la inclusión en la dieta de *C. macropomum*.
- Comparar la asimilación de las dos dietas alimenticias controlando el crecimiento.
- Determinar la dieta con mayor rendimiento de producción en base a las variables FCA, EA y sobrevivencia.

5. HIPÓTESIS

H₀: El alimento balanceado artesanal al suministrarse a los alevines de cachama, *C. macropomum* son iguales en el incremento de talla y peso que el alimento comercial.

H_a: El alimento balanceado artesanal al suministrarse a los alevines de cachama, *C. macropomum* son diferentes en el incremento de talla y peso que el alimento comercial.

6. MARCO TEÓRICO

6.1.1 Biología de la especie

Según Calluya (2018) la especie *Colossoma macropomum*, es considerado el carácido más grande de la amazonia con gran importancia en el ámbito acuícola de la región. Es conocido vulgarmente como “cachama negra” en Colombia y Ecuador, “gamitana” en Perú y “tambaquí” en Brasil. Es un pez de agua dulce con una estructura corpulenta y robusta que pertenece a la familia Serrasalminidae.

Tiene un cuerpo redondeado de forma romboidal y presenta diferentes tonalidades en su piel. Su cuerpo tiene un color plateado con manchas oscuras. El color de su cuerpo en la etapa adulta está influenciado por el tipo de agua en el que habita. En aguas negras, su coloración se vuelve muy oscura, mientras que, en aguas claras su dorso adquiere un tono verde oliva (Urbano, 2019).

En su estructura externa presenta escamas relativamente pequeñas imbricadas hacia la cola en forma de “v” y fuerte mente adheridas a la piel. Además, de una aleta adiposa con radios osificados, estas estructuras son más abundantes cuando el organismo ha alcanzado su madurez sexual, sin embargo, en su etapa juvenil sus estructuras son muy blandas. (Núñez & Tello, 2017).

La cachama negra es un pez que habitualmente puede llegar a alcanzar un metro de longitud con un peso corporal de 36 kg. No obstante, la talla y peso comercial está estipulada de 25 a 30 cm y 1 a 5kg. La madurez sexual es alcanzada a los cuatro años con una longitud promedio de 55cm, sin embargo, no son capaces de reproducirse por sí mismos, la reproducción debe ser artificialmente (Calluya, 2018).

6.1.2 Antecedentes

Los primeros intentos de cultivo de *C. macropomum* se llevaron a cabo en Brasil, específicamente en la ciudad de Manaus, en 1966. Los ejemplos de la especie fueron capturados en su hábitat natural y trasladados a instalaciones dedicadas a la producción acuícola. En el país vecino, Perú, también se realizaron capturas de alevines provenientes de la región amazónica con el objetivo de fomentar el cultivo de cachama en todo el país (Urbano, 2019).

El incremento y la propagación del cultivo de cachama en toda Sudamérica se deberá a su facilidad de manejo durante todas las etapas de su vida. Esta especie no requiere técnicas de cultivo especiales ni condiciones ambientales particulares. Es capaz de adaptarse fácilmente a cambios de temperatura, variaciones en la dieta alimentaria (Trujillo, 2022).

En Ecuador, el cultivo de cachama es una alternativa productiva para miles de habitantes en la región Oriente, el cultivo de esta especie dulceacuícola es el segundo componente del proyecto de Maricultura y Piscicultura para el Fomento Acuícola en el Ecuador. Hasta el 2015 la CEREC (Centro de Reproducción de Cachama) donó 1'400,0000 alevines a las provincias de Morona Santiago, Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza y Zamora Chinchipe (MAGAP, 2015).

6.1.3 Origen y distribución

La cachama negra es un pez tropical originario de América del Sur y se encuentra de forma natural en las cuencas del río Amazonas y el río Orinoco. Su distribución se extiende a lo largo de varios países sudamericanos, incluyendo Perú, Ecuador, Brasil, Colombia y Venezuela (Bello & Gonzales, 2018). En cuanto a la exportación de cachama a nivel mundial, Brasil ocupa el primer lugar como el principal exportador, seguido de Venezuela, Perú y Colombia (FAO, 2010).

Generalmente durante la etapa de alevinaje y juvenil, esta especie se desarrolla en aguas negras de llanuras inundadas, hasta alcanzar la madurez sexual, esto también se aplica a los organismos adultos. Por otra parte, el desove los realiza una vez al año cuando los niveles freáticos aumentan debido a las estaciones lluviosas (Viana & Rebollo, 1998)

6.2 Taxonomía

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Serrasalminidae

Subfamilia: Colossominae

Género: *Colossoma*

Especie: *macropomum*

(Cuvier. 1816)



Figura 1. *Colossoma macropomum* (Cachama negra)

Fuente: (Anzoátegui, 2013)

6.3 Ciclo de vida

Según Estévez (2018), El desarrollo biológico de la cachama consta de las siguientes etapas:

- **Larva**

Esta etapa implica morfológicamente el desarrollo inmediato del pez hasta convertirse en alevín. Esta fase varía desde el día 0 hasta el día 15.

- **Alevín**

Su período comienza a partir de los 15 días a 30 días y el peso es de aproximadamente 2 a 3 gramos.

- **Etapa Juvenil**

Los individuos han adquirido una apariencia muy similar a los adultos, pero son más pequeños, esta etapa tiene entre 30 y 45 días y pesa alrededor de 20 gramos.

- **Adulto**

En esta etapa los peces han alcanzado un tamaño considerable a su etapa anterior, va desde los 45 hasta los 90 días y su peso oscila entre los 45 a y 220 gramos.

- **Adulto de engorde**

Denominado así por las características morfológicas que adquiere el organismo al alcanzar un tamaño y peso máximos. Se puede decir que esta etapa varía de 90 a 120 días e incluso más, y su peso promedio varía de 227 a más de 400 gramos en adelante.

6.3.1 Reproducción

Pineda et al. (2016) menciona que, *C. macropomun* alcanza su madurez sexual después de los tres a cuatro años de vida, reproduciéndose al inicio de la creciente de los ríos, habitualmente en épocas de lluvia, reflejando un ciclo de producción acelerado

Durante su proceso reproductivo forma grandes cardumes, desovando una puesta al año. Las hembras sueltan sus huevos donde el macho optará por fertilizarlos, posteriormente los huevos fertilizados y larvas son arrastrados por la corriente en dirección a lagunas marginales, donde pasan las fases de juvenil y pre-adulto. En condiciones de cautiverio los organismos son inseminados de manera artificial, debido a que no se reproducen de forma natural (Núñez & Tello, 2017).

6.3.2 Hábito alimenticio

La especie *C. macropomum* tiene una alimentación muy variada, direccionándose a ser un organismo omnívoro. En su hábitat natural su alimentación se basa en alimentos de origen animal tales como zooplancton, crustáceos e insectos, mientras que, en alimentos de origen vegetal está la vegetación que destaca a las semillas, forraje, frutos encontrados en el medio y el fitoplancton donde incluyen las diatomeas y clorofitas (Ortiz, 2021).

6.4 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

6.4.1 Proteínas y aminoácidos

Las proteínas y los aminoácidos son factores fundamentales para el desarrollo de los peces. Si bien los peces tienen la capacidad de sintetizar ciertos aminoácidos a partir de otros, existen aminoácidos esenciales que no pueden ser producidos internamente y, por lo tanto, deben ser suministrados a través de la dieta. Estos aminoácidos esenciales incluyen la arginina, leucina, metionina, histidina, fenilalanina, treonina, valina y triptófano (SEDCA, 2019).

En cuanto a los requerimientos nutricionales para la especie *C. macropomum*, estos varían según la etapa de vida del organismo. Los reportes indican que la cantidad de proteína requeridas para los primeros meses de cultivo deben oscilar entre el 28 y el 30%. Sin embargo, la mejor digestibilidad en peces juveniles se obtiene cuando el alimento contiene entre el 18 a 22% de proteína (Campos, 2015).

6.4.2 Carbohidratos

Los carbohidratos son biomoléculas compuestas por carbono, oxígeno e hidrógeno que contienen una fuente de energía inmediata a través de la ingesta. La utilización de carbohidratos en la nutrición animal depende del tipo de hábito alimenticio y la función del sistema digestivo del organismo. Los peces de aguas

cálidas tienen la capacidad de utilizar mayores cantidades de carbohidratos en comparación con los peces de aguas frías y marinos (Velasco & Gutiérrez, 2019).

La inclusión de carbohidratos en las dietas de engorde de peces debe prever como una fuente económica importante, especialmente en peces no carnívoros. La importancia del uso puede representar un ahorro en la utilización de proteínas como fuente de energía (Soto, 2022).

6.5.3 Vitaminas y minerales

Según Jiménez et al. (2018) las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales para el crecimiento y desarrollo normal de los organismos. Aunque no haya energía directamente, desempeñará un papel crucial en la transferencia de energía y en la regulación de los procesos metabólicos.

Las vitaminas son necesarias en proporciones pequeñas y no pueden ser sintetizadas por el propio organismo, por lo que deben ser obtenidas a través de la alimentación. La deficiencia o exceso de vitaminas puede tener efectos adversos en la salud de los organismos. La carencia de vitaminas puede llevar a enfermedades graves, mientras que un exceso de vitaminas también puede ser perjudicial (Gisbert et al., 2008).

Por lo tanto, es importante proporcionar vitaminas esenciales en cantidades adecuadas a través de una dieta equilibrada para asegurar un crecimiento y óptimo desarrollo.

Los minerales son elementos inorgánicos esenciales que desempeñan un papel fundamental en los procesos metabólicos de los organismos. Estos compuestos deben ser adquiridos diariamente a través del agua y la alimentación, debido a la incapacidad de poder sintetizarlos por sí mismo en cantidades suficientes (Cuellar, 2021).

Existen alrededor de 21 elementos minerales que son considerados esenciales para el buen funcionamiento de los organismos. Estos minerales desempeñan diferentes funciones estructurales y funcionales en el organismo, como la formación de tejidos, la regulación del equilibrio de agua y electrolitos, la activación de enzimas y la transmisión de señales nerviosas (Borrell, 2011).

Por lo tanto, es importante asegurar un suministro adecuado de minerales a través de una dieta balanceada o mediante suplementación cuando sea necesario, con el fin de garantizar un buen funcionamiento metabólico y un rendimiento óptimo de los organismos.

6.4.4 Lípidos y grasas

Según Velasco y Gutiérrez (2019), los lípidos comprenden un grupo variado de compuestos orgánicos que son insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos. Nutricionalmente son considerados como fuente de energía esencial para el crecimiento de peces. Sin embargo, los lípidos no pueden superar el 15% en la ingesta diaria, con el fin de evitar la lipidosis hepática.

Para lograr un crecimiento óptimo, se recomienda que las dietas contengan al menos el 1% de ácidos grasos linolénico y linoleico. Al proporcionar del 3 al 5% de aceite de pescado se promueve un mayor crecimiento. Dependiendo de la etapa del organismo difiere los requerimientos nutricionales, es decir, en alevines y juveniles se requiere mayor nivel de grasa y proteína que los adultos (Alanes, 2021).

6.5 ALIMENTACIÓN EN CAUTIVERIO

6.5.1 Alimento natural

El término "alimento natural" se refiere a los recursos alimenticios presentes en el medio ambiente. Estos recursos incluyen el plancton, que está compuesto por microorganismos como el fitoplancton y el zooplancton. La disponibilidad de alimento en el medio ambiente depende de la calidad del agua y los niveles de fertilización, así como de la presencia de bacterias, insectos, crustáceos, peces y plantas acuáticas (FAO, 2012).

6.5.2 Alimento balanceado

La alimentación a través de alimentos balanceados se logra mediante la adquisición y combinación de nutrientes provenientes de materias primas, los cuales son procesados por los seres humanos para producir pellets o píldoras. Estos alimentos balanceados se elaboran mediante la formulación de una serie de compuestos orgánicos que se ajustan a los requerimientos nutricionales específicos de la especie (Urbano, 2020).

6.5.2.1 Juvenil 1 (Iniciador)

Juvenil 1 es un alimento balanceado, desarrollado y elaborado con el objetivo de la producción de peces. Este alimento está dirigido a animales entre los 5 a 10 gramos de peso. Sin embargo, estos datos son referenciales y se debe efectuar un control de registro para poder ajustar la dosis (Pronaca, 2021).

Tabla 1. Análisis nutricional del alimento comercial

Proteína cruda (%)	35.0
Grasa cruda (%)	5.0
Fibra cruda (%)	5.0
Ceniza (%)	8.0
Humedad (%)	11.0

Fuente: (Pronaca, 2021)

6.5.3 Alimento alternativo

La dieta alternativa se refiere a un tipo de alimento artificial creado con el objetivo de reemplazar ingredientes utilizados en la fabricación de piensos a un costo más bajo. Estos alimentos alternativos están diseñados para ser seguros, fácilmente disponibles en el mercado y tienen una buena digestibilidad. Además, su contenido proteico se asemeja al de los alimentos comerciales y cumplen con los requisitos nutricionales básicos para el organismo (Aceituno & Hernández, 2020).

Tabla 2. Tamaño del pellet recomendado

Peso (g)	Tamaño (mm)
0.1 a 0.5	0.3 a 1
0.5 a 5	1.5 a 2
5 a 10	2.0
50 a 500	6.0

Fuente: (Aquatech, 2018)

6.6 MATERIAS PRIMA A UTILIZAR EN LA DIETA ALTERNA

6.6.1 Hojas de yuca

Manihot esculenta, conocida comúnmente como yuca, es un arbusto que posee raíces tuberosas y es reconocido por su alta productividad y su capacidad para prosperar en condiciones climáticas adversas. Esta planta es de gran importancia para la industria alimentaria debido a su composición nutricional, ya que contiene niveles significativos de carbohidratos y proteínas (Hernández et al.,2008).

Tanto las raíces como las hojas pueden ser utilizadas como alimento para diversas especies de animales. Una de las ventajas de la harina elaborada a partir de las hojas de la yuca es que presenta un contenido proteico elevado. El rendimiento promedio de la harina obtenida de las raíces es del 39,7%, mientras que el rendimiento promedio de las hojas es del 25%.

Tabla 3. Composición proximal de la hoja de yuca

Componentes	Hoja de yuca
Materia seca (%)	23,70
Proteína bruta (%)	29,13
Ceniza (%)	10,90
Fibra (%)	24,28
Calcio (%)	0,69
Fósforo (%)	0,29
Energía bruta (Kcal/g)	4736,23

Fuente: (Gutiérrez & Merino, 2019).

6.6.2 Harina de maíz

Zea mays, conocido comúnmente como maíz. Elote, choclo, es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas. Destaca por su alto contenido de almidón, carbohidratos, proteínas y grasas. Es una materia prima que proporciona un alimento altamente digestible, rico en proteínas para diversas especies, y es de suma importancia para la subsistencia mundial (Urango, 2018).

En la región costera, el maíz se utiliza como fuente de energía en la alimentación animal, contiene alrededor del 8,9% de proteína, no obstante, tiene una alta concentración de energía. Se han obtenido buenos resultados al utilizarlo como aditivo en la alimentación de peces, ya que les proporciona un buen sabor y aroma (Castillo, 2020).

Tabla 4. Composición proximal de la harina de maíz

Componentes	Harina de maíz
Humedad (%)	11,3
Proteína bruta (%)	8,8
Ceniza	10,5
Fósforo	0,29
Calcio	0,02
Fibra (%)	9,8
Minerales (%)	1,3
Energía bruta (Kcal/g)	4040

Fuente: (Urango, 2018).

6.6.3 Harina de soya

Glycine max, conocida comúnmente como soya, es una de las leguminosas más cultivadas en climas tropicales. Es considerada una oleaginosa de gran importancia debido a su alto contenido de proteína y aceite, lo que la convierte en una fuente valiosa en la nutrición animal. Además de contener en su composición fuentes de ácidos grasos insaturados y aminoácidos esenciales (Triviño, 2010).

Tabla 5. Composición proximal de la harina de soya

Componentes	Harina de soya
Materia seca (%)	88.1
Proteína bruta (%)	44.4
Fósforo	0.59
Calcio	0.29
Ceniza (%)	6,1
Fibra (%)	5,43
Minerales	5,19
Energía bruta (Kcal/g)	4051

Fuente: (FEDNA, 2003).

6.6.4 Harina de pescado

La harina de pescado es un producto de origen animal de alto valor biológico, obtenido de procesos industrializados aprovechando colas, espinas, cabazas y peces enteros. Es considerado un producto predominante debido a las excelentes características nutricionales que derivan su contenido proteico, aminoácidos esenciales y vitaminas B-12.

Tabla 6. Composición proximal de la harina de pescado

Componentes	Harina de pescado
Materia seca (%)	92.0
Proteína bruta (%)	63.8
Ceniza (%)	18.1
Fibra cruda (%)	0,69
Fósforo	2,41
Calcio	4,70
Minerales	21,9
Energía bruta (Kcal/g)	4276

Fuente: (Gouldbourne et al., 2018).

6.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO

Gutiérrez & Merino (2019), describe el proceso de elaboración de alimento artesanal se la siguiente manera:

6.7.1 Recepción de materia prima

Se identifican las materias primas necesarias para la elaboración del alimento balanceado, considerando los requerimientos nutricionales del tipo de animal al que se suministrará. Los productos serán seleccionados manualmente, eligiendo aquellos en mejor estado, teniendo en cuenta su consistencia y color.

6.7.2 Picado y Secado

Una vez completada la recolección de las materias primas, se procede a cortar o picar los productos con el fin de acelerar el proceso de secado. Es importante remover los productos varias veces al día para evitar la acumulación de humedad y, posteriormente, el crecimiento de bacterias y hongos.

El tiempo de deshidratación varía para cada materia prima y depende del contenido de agua de cada elemento y la ubicación donde se realice el proceso secado y la temperatura sometida.

6.7.3 Molienda

La materia prima completamente deshidratada o seca se llevan a la zona de molienda. Donde se muelen través de un molino artesanal, El objetivo de este proceso es obtener una consistencia fina para facilitar su uso en la preparación del

alimento artesanal. Es necesario almacenar y rotular cada una de las materias procesadas.

6.7.4 Pesaje

A continuación, se realiza el proceso de pesado, donde se pesa cada una de las materias primas establecidas en la formulación del alimento artesanal, teniendo en cuenta la cantidad de alimento que se va a elaborar.

6.7.5 Mezclado

Es necesario la adición de vitaminas y minerales en proporción 0.06 g por kilo de alimento a preparar. Además, se complementa con sal marina en proporción 2 g/kilo y por último se adiciona el 40% de agua, referente a la cantidad de alimento a preparar. Es necesario añadir vitaminas y minerales en una proporción de 0.06 g/Kg de alimento a preparar. Además, se agrega sal marina en una proporción de 2 g/Kg de alimento, por último, se añade un 40% de agua en relación a la cantidad de alimento a preparar.

6.7.6 Peletizado

Una vez que la mezcla de materias primas esté homogeneizada, se pasa por un molino de carne con un filtro de salida de 1 mm. Los pellets resultantes se dividen o fraccionan en partes pequeñas.

6.7.7 Secado

Los pellets se colocan en una freidora de aire a una temperatura de 150°C durante 10 minutos o mediante un secado natural por 24 horas.

6.7.8 Empacado

Finalmente, se almacenan los pellets en un lugar fresco y libre de humedad para su adecuada conservación, preferiblemente en recipientes de plástico.

6.8 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

6.8.1 Temperatura

La temperatura es un parámetro físico fundamental en la cría de organismos acuáticos, ya que desempeña un papel crucial en la regulación de sus actividades. Las especies de agua frías no toleran temperaturas mayores a 20°C, mientras que, las especies de aguas cálidas no crecen en temperaturas inferiores a los 15°C, (Boyd, 2018). Sin embargo, las variaciones térmicas experimentan estrés y susceptibilidad a enfermedades.

Asimismo, tiene un impacto significativo en la oxigenación. Por un lado, a temperaturas más altas, la tasa metabólica aumenta, siempre y cuando se mantengan los límites de tolerancia de la especie. Por otro lado, la solubilidad del oxígeno disminuye a altas temperaturas, es decir, a temperaturas elevadas, la demanda de oxígeno es mayor, mientras que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua disminuye considerablemente (Hovden & Makridis, 2019).

6.8.2 Oxígeno disuelto

De acuerdo con Alcántara (2002), para un desarrollo adecuado de peces, la concentración de oxígeno disuelto en el agua debe ser superior a 5 mg/l. Sin embargo, varias especies tienen la capacidad de resistir concentraciones de oxígeno por debajo de 2 mg/l. A medida que las concentraciones de oxígeno disminuyen, se produce estrés en los organismos, lo que resulta en una disminución en el consumo de alimento y los vuelve más susceptibles a enfermedades.

La concentración de oxígeno disuelto desempeña un papel crucial en el proceso de respiración de los peces. Por lo general, las concentraciones de oxígeno aumentan durante el día y disminuyen considerablemente durante la noche debido a la presencia de zooplancton y fitoplancton.

Cuando los niveles de oxígeno son inferiores al límite establecido, las cachamas pueden presentar cambios morfológicos en sus estructuras externas, como la dilatación del labio inferior hacia adelante y hacia los lados (Campos & Alcántara, 2007).

6.8.3 pH

El pH se conoce como la cantidad de iones (H^+) en una solución, es un factor importante que indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua en un cultivo de organismo. Los valores que se alejan del neutro producen alteraciones fisiológicas, lo que conlleva a la mortandad de los organismos. Un pH ácido va desde 0 hasta 6, mientras que un pH alcalino va desde 8 a 14, siendo 7 un pH neutro (Castellanos, 2022)

En las aguas amazónicas, que suelen tener un color oscuro debido al alto contenido de materia orgánica en descomposición, se observa una disminución del pH, lo que hace que el agua sea más ácida. En estas aguas, los niveles de pH pueden variar entre 5.5 y 6.5. En contraste, en la cría de peces en cautiverio, se suele corregir la acidez del agua para alcanzar un pH neutro (Alcántara, 2002).

7. METODOLOGÍA

7.1 Área de estudio

El trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de larvas "INCAMAR S.A", ubicado en San Pablo, provincia de Santa Elena, en el kilómetro 2 de la vía San Pablo-Monteverde, Santa Elena, Ecuador. Se encuentra en la ruta del Spondylus, con las siguientes coordenadas geográficas: latitud Sur -2.118897 y longitud Oeste -80.755635.

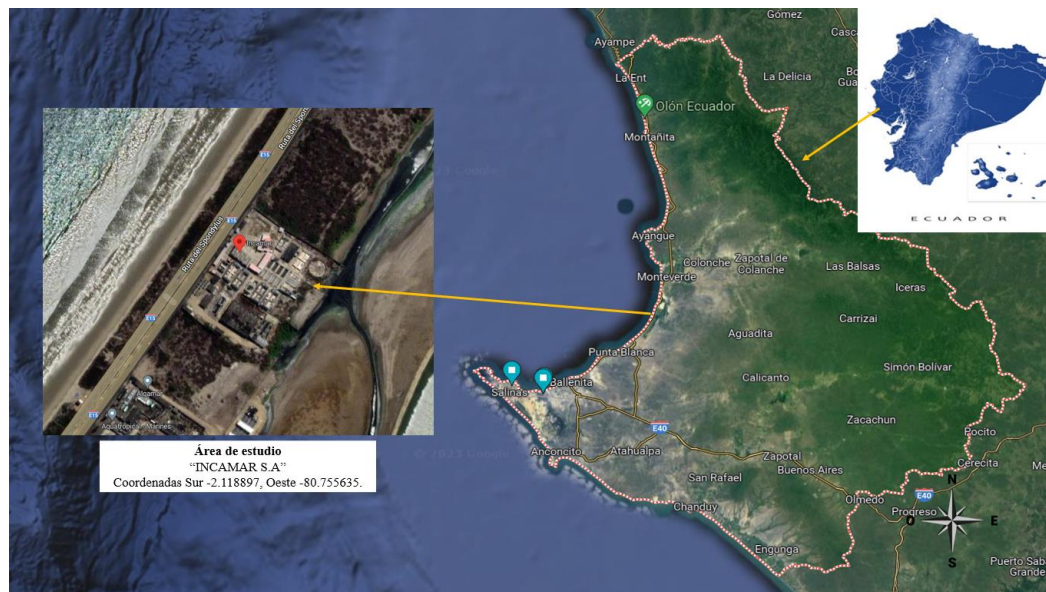


Figura 2. Ubicación geográfica "INCAMAR S.A"

Fuente: (Google Maps, 2023)

El cultivo de alevines de *C. macropomum* se desarrolló durante 2 meses de estudio. Los ejemplares utilizados fueron obtenidos de la estación piscícola "Sociotilapia Despachos Alvita", ubicada en la ciudad de Santo Domingo. El sistema de cultivo consistió en una siembra de 50 alevines con una densidad de 40 peces/m³. Se utilizaron 5 tanques de agua de polietileno con una capacidad de 250 litros cada uno, con diámetros de 83,5 cm y una altura de 86 cm.

7.2 Tipo de investigación de investigación

En el presente trabajo de investigación se aplicó un diseño de tratamiento experimental completamente al azar.

7.3 Elaboración del alimento balanceado

7.3.1 Origen de los insumos

Las fuentes de materias primas, tanto de origen animal como vegetal, como el maíz, la soya y la harina de pescado, fueron adquiridas a través de distribuidoras de alimentos. En el caso específico de las hojas de yuca, se realizó una recolección manual asegurándose de mantener las hojas en buen estado y con un color uniforme. Posteriormente, se procedió a lavar las hojas con agua. Una vez completado este proceso, la materia prima fue dividida en trozos pequeños y se dejó secar a aire libre durante un periodo de 3 días a una temperatura ambiente, volteándolas varias veces durante este tiempo.

Después de completar el proceso de secado, la materia prima fue trasladada al área de molienda, donde se utilizó un molino para procesarla. Una vez molidas, cada una de las materias primas fue almacenada en contenedores individuales, los cuales fueron debidamente etiquetados con el nombre del contenido y la fecha del proceso para facilitar su identificación y seguimiento.

7.3.2 Preparación del balanceado

Las diferentes materias primas, como la harina de hoja de yuca, harina de maíz, harina de soya y harina de pescado, se pesaron por separado. Luego, se mezclaron parcialmente con sal marina (2g/Kg), vitaminas y minerales (0,06 g/Kg) durante 5 minutos. A continuación, se agregó lentamente el 40% de agua requerida para la cantidad de alimento a preparar, asegurando una mezcla uniforme.

La mezcla resultante se pasó por un molino eléctrico para obtener una consistencia granulosa (pellets), se utilizó un filtro de 1mm. Los gránulos de alimento obtenidos fueron sometidos a un proceso de secado utilizando una freidora de aire a una temperatura de 110°C durante 10 minutos.

Completado el proceso de secado, se recolectaron los pellets resultantes, se pesaron y se empacaron en recipientes plásticos. Por último, se almacenaron en un lugar fresco y libre de humedad para su conservación adecuada. (Gutiérrez & Merino, 2019).

Para la elaboración del alimento balanceado se utilizó el método matemático “Cuadrado de Pearson Modificado”, verificando el porcentaje de inclusión de proteína de las materias primas a utilizar. La funcionalidad este sujeto a obtener la diferencia entre el contenido de proteína de la materia y el valor proteico solicitado.

Tabla 7. Formulación del alimento artesanal

Materia prima	Cantidad (Kg)
Harina de pescado	0.6
Harina de soya	0,5
Harina de hojas de yuca	2
Harina de maíz	1.9
Total	5 kg

7.4 Implementación del sistema de cultivo

7.4.1 Aclimatación de alevines de *C. macropomum*

Las semillas de *C. macropomum* fueron transportadas por 10 horas aproximadamente, en bolsas plásticas con capacidad de 20 litros con oxígeno disuelto, desde Santo Domingo hasta San Pablo. Se realizó un proceso de aclimatación, colocando la bolsa plástica sobre la columna de agua de un tanque de cultivo durante un lapso de tiempo de 30 minutos, a una temperatura de 29°C posteriormente, fueron liberados y se distribuyeron a los diferentes tanques de experimentación. Se procedió a evaluar los distintos tratamientos a emplear el día de la siembra.

7.4.2 Parámetros del agua

Se llevó a cabo el monitoreo de los parámetros de calidad del agua, que incluyen la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH. Para realizar estas mediciones, se utilizó un oxímetro DO Backlights Milesee y un multiparámetro 4 en 1 OOTDTY que mide salinidad, temperatura, pH y conductividad. La frecuencia de medición de estos parámetros fue continua, con intervalos de 6 horas al día.

7.4.3 Tratamientos de asimilación

Se realizó un proceso de asimilación de alimento balanceado utilizando cuatro diferentes tratamientos. Estos tratamientos son los siguientes:

- 1. T1:** Inclusión de alimento alterno en un 25%.
- 2. T2:** Inclusión de alimento alterno en un 50%.
- 3. T3:** Inclusión de alimento alterno en un 75%.
- 4. T4:** Inclusión de alimento alterno en un 100%.

Cada tratamiento experimental fue evaluado durante un período de 60 días. Además, de los tratamientos mencionados se llevó a cabo un tratamiento de control utilizando únicamente alimento comercial en un 100% como referencia para su comparación (Luna & Loarte, 2017).

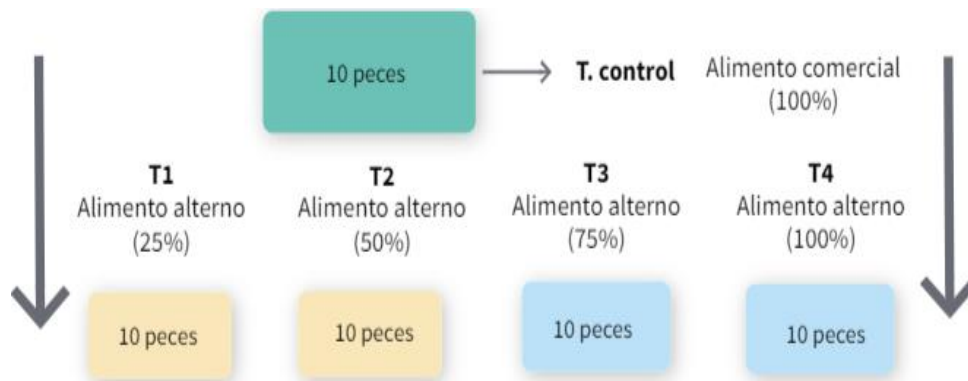


Figura 3. Esquema de distribución de los Tratamientos.

7.4.4 Control de crecimiento

Con el fin de controlar el crecimiento, se realizaron muestreos biométricos semanales durante 60 días. Para llevar a cabo estos muestreos, los peces fueron capturados utilizando un cedazo y luego colocados en baldes plásticos con una capacidad de 20 litros de agua. Posteriormente, fueron medidos y pesados individualmente, utilizando un ictiómetro y una balanza digital, respectivamente, permitió realizar un seguimiento detallado de su crecimiento a lo largo del período de evaluación.

7.4.5 Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Anderson - Darling, mediante el software estadístico Past 4.13, determinando que los datos obtenidos en el trabajo investigativos fueron normales obtenidos un $p > 0,05$.

Los datos obtenidos del crecimiento de alevines de *C. macropomum*, alimentados con balanceado artesanal a base de materias primas de origen vegetal y animal, fueron comparados mediante un análisis de varianza (ANOVA), usando la programación de R-Studio y hojas de cálculo de Microsoft Excel.

7.4.6 Alimentación

La cantidad de alimento proporcionado se ajustó en función del 11% de la biomasa inicial de los peces, según el programa de la Itacol. A medida que los peces ganaron biomasa y asimilaron el alimento, se realizó los ajustes necesarios en la cantidad de alimento suministrado, siguiendo las recomendaciones descritas en el estudio de Bula (2019).

7.5 Evaluación del rendimiento productivo (FCA, EA y sobrevivencia)

Se llevarán a cabo muestreos biométricos semanales con el objetivo de determinar el rendimiento productivo a lo largo del período establecido. Estos

muestreos se realizaron tanto para los peces alimentados con el alimento alternativo como para los peces alimentados con el alimento comercial.

7.5.1 Factor de conversión alimenticio

Se determinó el Factor de Conversión Alimenticia con la siguiente fórmula (Guerrero, 2022).

$$FCA = \frac{\textit{Alimento suministrado}}{\textit{Ganancia de peso}}$$

7.5.2 Sobrevivencia

El porcentaje de animales que sobreviven al final del periodo se definirá mediante la fórmula definida por Huamán (2016).

$$\textit{Sobrevivencia} = \frac{\textit{Organismos cosechados} \times 100}{\textit{organismos sembrados}}$$

7.5.3 Eficiencia alimenticia

Se determinará la eficiencia alimenticia de *C. macropomum* de la siguiente manera (Guerrero, 2022).

$$\%EA = \frac{1}{F.C.A} \times 10$$

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

8.1 Análisis bromatológico del alimento balanceado artesanal

En la Tabla 8, se puede observar los resultados del análisis bromatológico del alimento artesanal para cachama en su etapa de alevinaje. Los resultados fueron los siguientes: proteínas 19.53 ± 0.98 ; humedad 9.11 ± 0.17 ; Grasa 6.29 ± 0.16 ; ceniza 9.05 ± 0.50 , y carbohidratos 46.02, siendo un alimento apto en la alimentación de cachama negra.

Tabla 8. Análisis bromatológico del alimento artesanal

Ensayo	Unidad	Resultados	Método/ref
Proteína	%	19.53 ± 0.98	AOAC 21st 984.13
Humedad	%	9.11 ± 0.17	ISO 6496:1999 (ME27-PG20-PO02-7.2 FQ)
Ceniza	%	9.05 ± 0.50	ISO 5984:2002 (ME21-PG20-PO02-7.2 FQ)
Grasas	%	6.29 ± 0.16	AOAC 21st 920.39 (ME30-PG20-PO02-7.2 FQ)
Carbohidratos	%	46.02	Cálculo

Fuente: Laboratorio de Análisis de Alimentos y Ambiente PROTAL.

8.2 Crecimiento

En cuanto al crecimiento de los organismos, el peso promedio final del tratamiento control fue de 12.8 g, que representa un incremento del 96.9 % a comparación peso inicial. En el T1 el peso promedio fue 16.1 g, aumentó 96.9 %. El T2 el peso final fue 12.1 g, incrementando un 96.7 %, mientras que en el T3 fue 15.7g, que aumentó un 96.8 % desde la primera semana. Por último, en el T4 se obtuvo un promedio final de 13.4, incrementando un 97.1% (Tabla 9 y Figura 4).

Tabla 9. Desarrollo del peso y la talla del grupo control y los tratamientos.

	Control		T1		T2		T3		T4	
Sem	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)
1	0.4	2.1	0.5	2.2	0.4	2.1	0.5	2.2	0.4	2.2
2	0.8	2.9	0.8	2.9	1.1	3.2	1.2	3.4	1.1	3
3	1.5	3.4	1.5	3.4	1.6	3.5	1.7	4	1.6	3.4
4	1.7	3.8	2	3.9	2	4.1	2.4	4.5	2.1	3.9
5	3.4	5.2	3.4	5.1	3.4	5.3	4.6	5.6	3.8	5.4
6	5.3	6.1	4.8	5.9	5	6.2	7.6	7.1	5.5	6.4
7	7.1	6.8	9.2	7.4	8	7	9.7	7.8	8.2	7.1
8	12.8	8.3	16.1	9.2	12.1	8.1	15.7	9	13.4	8.5

Por otro lado, las tallas promedio finales fueron de 7.5 cm en el grupo control que representa un incremento del 72 % desde su peso promedio inicial, 9.2 cm en el T1 (76.1% de aumento), 8.3 cm en el T2 (incremento del 74.7 %), 9 cm en el T3 (75.5 % de aumento) y 8.5 en el T4 (incrementando un 75.1%).

El mayor peso promedio durante los 60 días de cultivo se registró en el T1. Solamente el peso en el T2 fue inferior al grupo Control y T4 (Figura 4).

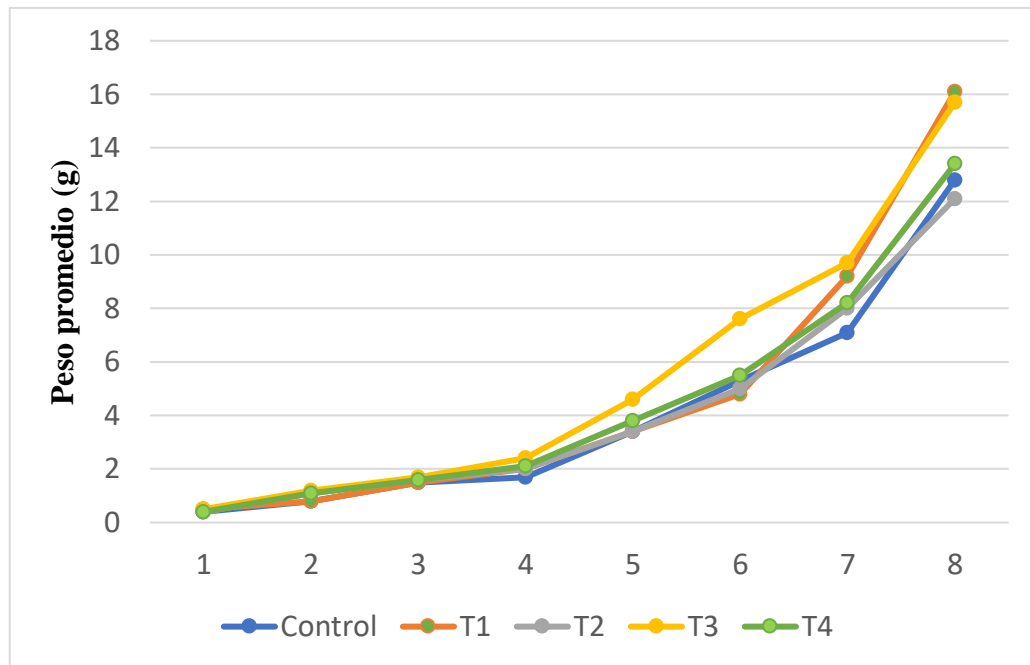


Figura 4. Comparación de los pesos promedio entre los tratamientos experimentales.

No existió una diferencia significativa entre los pesos promedio de los diferentes tratamientos, el valor $p = 0.9815$, indicando que las dos dietas implementadas en la alimentación influyen de manera similar en el desarrollo del peso de los organismos (Figura 5). Por tanto, los diferentes porcentajes de inclusión del balanceado artesanal no influyeron en el peso de los organismos. No obstante, consumieron el alimento proporcionado durante la experimentación.

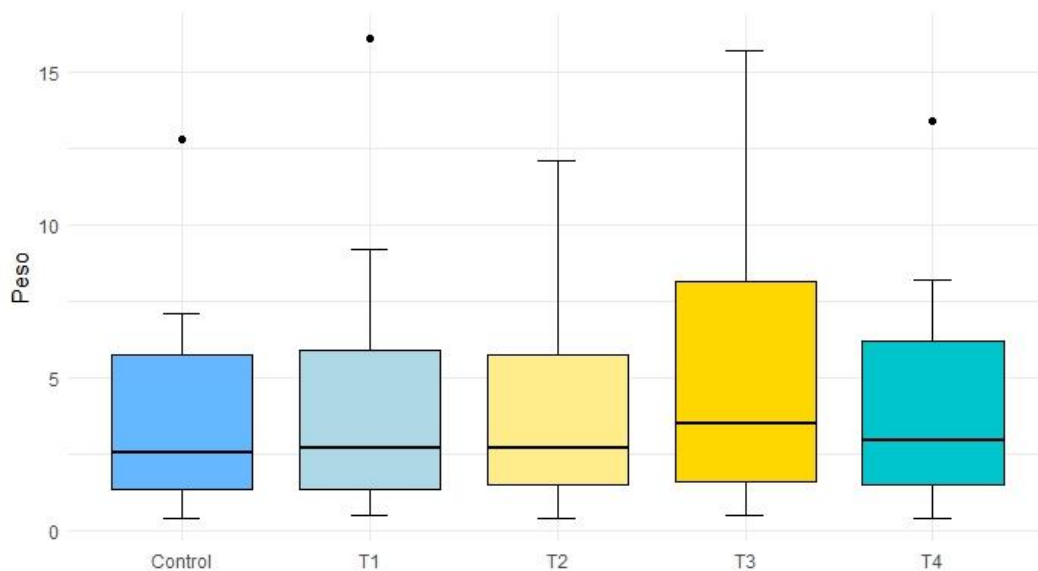


Figura 5. Comparación de los pesos promedio entre los tratamientos experimentales.

Por otro lado, la mayor talla promedio se registró en el T1. Las tallas de todos los tratamientos fueron superiores al grupo control (Figura 6). Sin embargo, se evidencia tallas entre un rango entre 7.5 y 9.2 al final de la experimentación.

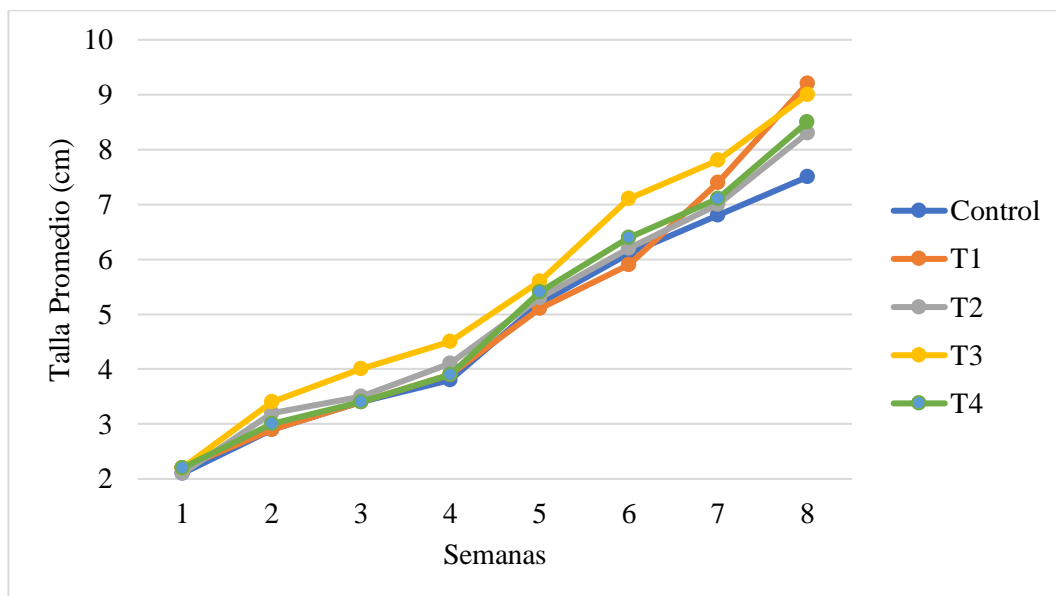


Figura 6. Comparación de las tallas promedio entre los tratamientos experimentales.

En referencia al análisis estadístico, no existió diferencias significativas entre las tallas promedio de los diferentes tratamientos, valor $p = 0.9771$, esto sugiere que las cuatro dietas implementadas influyen de manera similar en el desarrollo de la talla de los organismos (Figura 7).

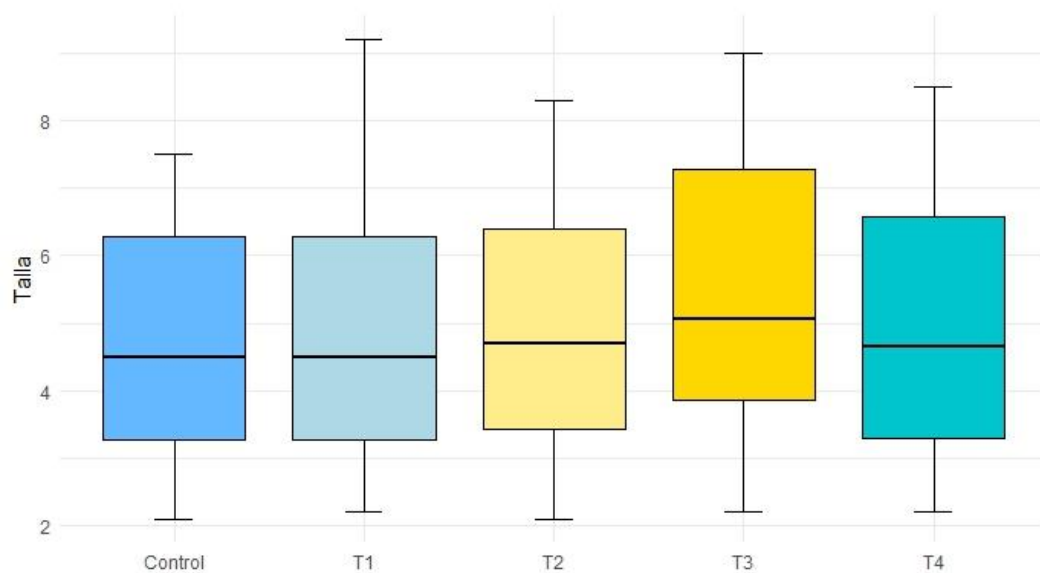


Figura 7. Comparación de las tallas promedio entre los tratamientos experimentales.

8.3 Variables del rendimiento productivo

8.3.1 Factor de conversión alimenticia

En lo que refiere al factor de conversión alimenticia, el valor $p = 0.9524$ indica que no existió una diferencia significativa entre los cuatro tratamientos, lo que significa que la dieta comercial y artesanal presentan similar FCA. Los valores de los FCA obtenidos en la presente investigación fueron muy altos en comparación con el FCA requerido para alevines de peces amazónicos (1.2 a 1.5).

(Figura 8). En el presente trabajo se obtuvo valores de FCA de 3.4 como mínimo y 7.0 como máximo. Estos valores no son recomendados debido a que representan altos costos en la formulación del alimento balanceado.

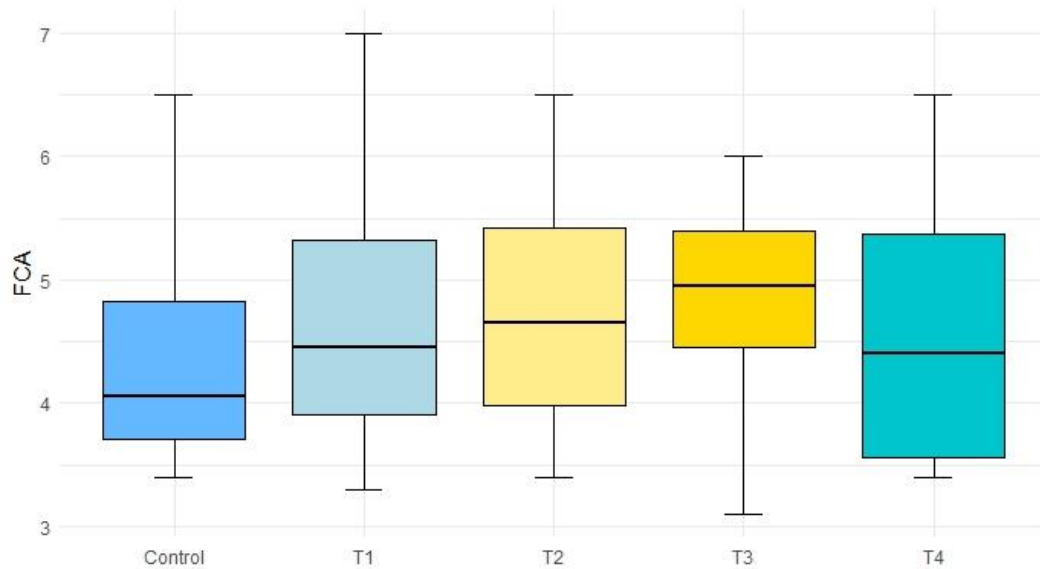


Figura 8. Comparación del Factor de Conversión Alimenticia promedio entre los tratamientos experimentales

8.3.2 Eficiencia alimenticia

De manera similar a la conversión alimenticia, no existió diferencias significativas entre las medias de eficiencia alimenticia de los cuatro tratamientos, presentando un p valor = 0.9154. Esto sugiere que tanto la dieta comercial como la dieta artesanal, son similares en cuanto a la eficiencia con la que los peces las utilizan para su crecimiento (Figura 9).

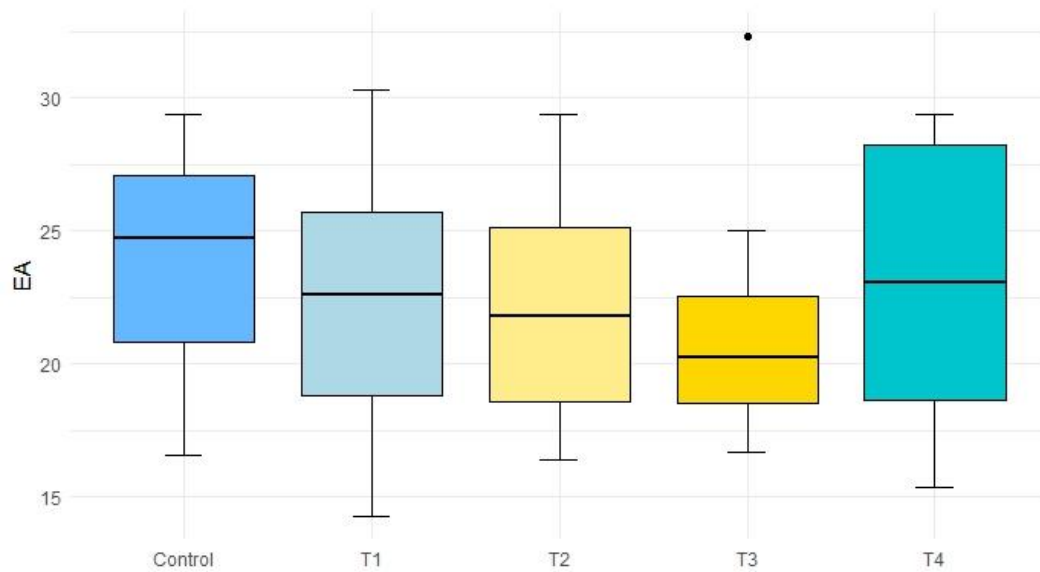


Figura 9. Comparación de la Eficiencia Alimenticia promedio entre los tratamientos experimentales.

8.3.3 Tasa de supervivencia

Los resultados obtenidos por la fórmula de la tasa de supervivencia, se muestran en la Figura 10, los tratamientos 1,3 y 4, muestran una tasa de supervivencia del 100% durante el tiempo de experimentación. Por otro lado, el tratamiento 2 y el grupo control obtuvo una tasa de supervivencia que desciende un 10% en comparación a los otros tratamientos.

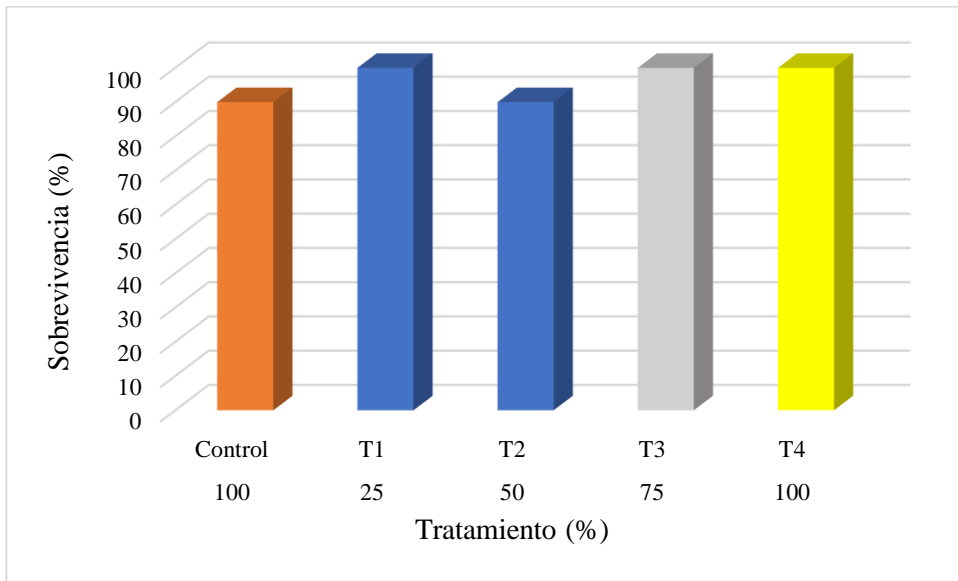


Figura 10. Comparación de la sobrevivencia final entre los tratamientos experimentales

9. DISCUSIÓN

En resultados del análisis bromatológico del balanceado artesanal (harina de maíz, harina de hoja de yuca, harina de soya y harina de pescado) se obtuvo $19.53 \pm 0.98\%$ de proteína, obteniendo resultados similares a los de García (2022) quien realizó un balanceado en base a harina de maíz, polvillo, soya, harina de pescado, harina de papa china, salvado de trigo y aceite de palma, que alcanzó 28% de proteína. Del mismo modo, resultados de Núñez y Tello (2017) expresan valores de 25,87% de proteína. Mientras que, Alvarado (2021) manifiesta un concentrado proteico de 27 y 29%. Estos resultados se diferencian a nivel proteico en función a diferentes fuentes nutricionales utilizadas para el balanceado. Por su parte, Bolaños y Rodríguez (2020) sostienen que la formulación balanceada para las diferentes etapas de crecimiento para cachama puede variar entre el 25% y 50% de proteína. En cuanto a la diferencia entre los tratamientos existió similitud al utilizar el alimento comercial y el alimento elaborado en la investigación.

Barroso (2012) evaluó el crecimiento de la cachama utilizando alimento alternativo a base de papaya, maíz, arroz, entre otras, suministrando una dieta balanceada, una dieta combinada de alimento balanceado alternativo y alimento peletizado, estudio similar a la presente investigación, logrando demostrar que las dietas comerciales y artesanales constituyen un alimento válido para la cría de cachamas. En tal sentido, las diferentes fuentes vegetales y animales utilizadas

constituyen alternativas necesarias para el alimento de estos organismos considerando que son omnívoros.

El factor de conversión alimenticia registrado en esta investigación para los tratamientos experimentales fueron T1(4); T2 (4.1); T3 (4.7) y T4 (3.6), sin embargo, estos valores son relativamente elevados en comparación con los resultados de Núñez y Tello (2017) que obtuvo un valor de 1.9; resultados de Párraga (2021) expresan un FCA de 1.46; y Sánchez (2017) que obtuvo un FCA de T0 (0.96) y T1 Y T2 (1.09), demostrando que los alimentos utilizados en el presente trabajo de investigación no fueron aprovechados eficientemente debido al porcentaje al alto porcentaje (11%) de alimento en función a la biomasa que se suministró al inicio de la experimentación. El suministro del porcentaje de alimentación se estableció mediante el programa de la Itacol.

Un estudio realizado por Huamán (2016) logró obtener un valor en T1 (34.0%), T2 (32%) y T3 (13%) de EA, en sus tratamientos experimentales a base de pasta de coco, harina de pescado, torta de soya, polvillo de arroz y aceite vegetal. Resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo investigativo en los diferentes tratamientos, T0 (29.4%), T1 (25%), T2 (24,4%), T3 (21.3%) y T4 (27.8) de EA; Mientras que, Tumbaco (2020) demuestra una E.A de, T1 (56.8%), T2 (43.4%), T0 (34.6%), en tanques plásticos. De la misma forma, Castillo (2020), obtuvo un valor de 47.6% de E.A, los resultados obtenidos por

los autores mencionados demuestran que, existió mayor eficiencia de alimentación por los alimentos suministrados.

Con respecto al porcentaje de sobrevivencia, se registró una tasa superior al 90%. Aldava (2017) obtuvo resultados del 100% de sobrevivencia, resultados similares a los de Párraga (2021) que manifiesta una sobrevivencia del 97%; mientras que, Moreno et al, (2021) alcanzó un valor del 95%. Hernández y Fajardo (2019) obtuvieron una sobrevivencia por encima del 80%; esto confirma que el porcentaje de sobrevivencia de *C. macropomum*. Del mismo modo, los ensayos experimentales de prueba y error tienen altos valores de sobrevivencia, debido al óptimo manejo y alto grado de adaptación que tiene la especie en cautiverio.

Realizando la comparación del tratamiento control con los tratamientos experimentales, se menciona que el alimento comercial obtuvo un mayor porcentaje de proteína (35%) a diferencia del alimento artesanal (20%), esto puede estar influenciado en el crecimiento de los organismos, además, sería viable utilizar otras fuentes nutricionales que aumenten el porcentaje de proteína en la composición.

10. CONCLUSIONES

- El alimento balanceado artesanal presentó $19.53 \pm 0.98\%$; sin embargo, no reúne todos los requisitos indispensables en cuanto a los niveles proteicos, para la dieta que demanda la crianza de cachama negra en etapa de alevinaje.
- No se encontró diferencias significativas en el crecimiento entre los tratamientos experimentales, demostrando de manera concluyente que el peso y la talla de las cachamas alimentadas con balanceado artesanal son similares a las alimentadas con alimento comercial.
- El tratamiento control a base de alimentación comercial presentó el mejor rendimiento, pero un FCA alto de 3.4. Sin embargo, en los tratamientos experimentales, se presentó un aumento en el FCA, oscilando entre 4 y 4.7, lo que implica costos de producción alimentaria más altos; siendo no rentable para un productor piscícola. En cuanto a la EA, el tanque control también mostró el valor más alto de 29,4%, mientras que los tratamientos experimentales tuvieron valores entre 21,3% y 25%. A pesar de estas diferencias, todos los grupos mantuvieron una tasa de supervivencia superior al 90%

11. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo múltiples estudios sobre alimentos balanceados para especies acuícolas, utilizando diferentes materias primas disponibles en cada región del país con el objeto de reducir la dependencia de balanceados comerciales, buscando diversificar las fuentes de nutrientes y promover la sostenibilidad en la acuicultura.
- Realizar una divulgación sobre la importancia comercial y composición nutricional de la cachama negra en el mercado nacional, con la finalidad que, los productores acuícolas apoyen al desarrollo de especies de agua dulce.
- Se propone realizar estudios de alimentación durante la fase de alevinaje con la finalidad de identificar las fuentes vegetales o animales idóneas para la formulación de un alimento balanceado en esta etapa crítica de crecimiento y asimilación de dietas.
- Para obtener un análisis de datos más completo, sería importante desarrollar la fase experimental durante un período de tiempo más prolongado. Esto permitiría recopilar datos a lo largo de diferentes etapas del desarrollo de la cachama, lo que brindaría una visión más completa y precisa de los resultados como el crecimiento y la alimentación.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, M., & Hernández, E. (2020). Dietas Artificiales: Evolución, Retos y Tendencias. Ciudad de México.
- Alanes, L. (2021). Alimentación y nutrición en peces de agua dulce. Revista Estudiantil *AGRO-VET*, 4(2), 604–608. Obtenido de <https://agrovvet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/43>
- Alcántara, F. (2002). Cartilla de acualtura en la Amazonía. Instituto de investigación de la Amazonia Peruana, 1-48.
- Aldava, J. (2017). Evaluación de la densidad de cultivos del híbrido (*Piaractus brachypomus*; *Colossoma macropomum*; “Pacotana” en sistema semiintensivo en la Selva Alta. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Alvarado, C. (2021). Efecto de la harina de pescado preparada con papaya y piña en el crecimiento de alevines de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816). Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Alvarez, S., & Pelegrín, E. (2011). Nutrición y salud en animales acuáticos. La Habana: Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias.
- Anzoátegui, P. L. (2013). Engorde de la cachama (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816) cultivada en un sistema de recirculación de agua. *Zoatecnia Tropical*, 271-278.
- 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. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Aquatech. (2018). Alimentos extrudidos para peces tropicales. Catálogo peces tropicales. Obtenido de <https://aquatech.pe/wp-content/uploads/2018/03/catalogo-Aquatech-Marzo.pdf>
- Avellaneda, C., Acela, L., Álvarez, J., & Castellanos, L. (2022). Calidades nutricionales de peces originarios e introducidos en el neotrópico: revisión sistemática de literatura. Bucaramanga : Universidad Cooperativa de Colombia.
- Bahiense, R. (2023). La nutrición de los peces: aspectos generales. NutriNews.
- 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 de Pastaza, Ecuador. Santa Clara - Pastaza: Universidad Estatal Amazónica .

- Bello, N., & Gonzales, G. (2018). Importancia del estudio de cerebro de cachama blanca, *Piaractus brachypomus*, para la familia Characidae . Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Bolaños, M., & Rodriguez, D. (2020). Formulación y evaluación de una dieta para cachama blanca con base en materias primas vegetales y sus efectos zootécnicos y económicos. Córdova: Universidad de Córdova.
- Borrel, S. (2013). La harina de pescado como alimento en acuicultura. Veterinaria Digital.
- Borrell, S. (2011). Nutrición en acuicultura: Carbohidratos, vitaminas y minerales. Veterinaria digital.
- Boyd, C. (17 de Diciembre de 2018). Temperatura del agua en acuicultura. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/temperatura-del-agua-en-acuicultura/>
- Bula, D. (2019). Tabla de Alimentacion Cachama Italcol 2019. ITALCOL. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/480455521/TABLA-DE-ALIMENTACION-CACHAMA-ITALCOL-2019>
- Calluya, D. (2018). Identificación de monogéneos en juveniles de *Colossoma macropomum* “gamitana” y *Piaractus brachypomus* “paco” procedentes del distrito de Tambopata, Madre de Dios. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos .
- Campos, L. (2015). El cultivo de la gamitana en latinoamérica. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Campos, L., & Alcántara, F. (2007). Cartilla de Acuicultura en la Amazonía. Iquitos: Pond Dynamics.
- Castellanos, A. (2022). pH en el agua de los peces. Obtenido de Animales y Biología: <https://animalesbiologia.com/peces/actualidad/ph-en-el-agua-de-los-peces>
- Castillo, R. (2020). Influencia de una dieta con tres niveles de proteína vegetal en los índices productivos en juveniles de *Piaractus brachypomus* “Paco” cultivados en estanques seminaturales. Yaniracocha: Universidad Nacional Intercultural del Amazonas.
- Cuellar, J. (2021). Importancia de los minerales en la nutrición animal. Veterinaria Vegetal.

- 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. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- FAO. (2010). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/publications/card/ru/c/5075fdc8-4ecd-54fc-ab7d-a81dbcfa9e1f/>
- FAO. (2012). Nutrición y alimentación de los peces.
- FAO. (2017). La acuicultura, el sector productivo de mayor crecimiento en el mundo. Roma.
- FEDNA. (2003). Composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos. Madrid.
- García, M. (2022). Elaboración de balanceado a partir de Papa china (*Colocasia esculenta*) para tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la etapa de engorde . Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Gisbert, E., Fernández, I., & Estévez, A. (2008). Nutrición y morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria de peces. Monterrey: Universidad Autónomas de Nueva León .
- González, F. (2021). Costos de producción en la acuicultura. Obtenido de <https://www.pisciculturaglobal.com/costos-de-produccion-en-la-acuicultura/>
- Google Maps. (11 de Enero de 2023). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Incamar/@-2.1201087,-80.75796,783m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902de082c48cc7e7:0xb418199651f49a5!8m2!3d-2.1188919!4d-80.7556377?hl=es>
- Gouldbourne, J., Castaño, R., & Chiroque, J. (2018). *Harina de pescado*. UNAH.
- Guerrero, W. (2022). Eficiencia alimenticia en el crecimineto de *Oreochromis niloticus* con dos dietas en sistema cerrado. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Gutiérrez, M., & Merino, M. (2019). Manual práctico para la preparación de alimentos balanceados artesanales para piscicultura. AUNAP.
- Herrera, M., Solís, T., V, G., & Benitez, M. (2019). Harina de hojas de yuca (*Manihot esculenta crantz*) en dieta para pollos cuello desnudo (Gen Nana). Cuban Journal of Agricultural Science, 59-64.
- Hovden, & Makridis, P. (2019). La Oxigenación en la Acuicultura. *AquaFeed*.

- Huamán, K. (2016). “Evaluación y validación de la inclusión de pasta de coco (*Cocos nucifera*) en una dieta para el crecimiento de juveniles de *Colossoma macropomum*, Bello Horizonte, San Martín – 2015”. Yurimaguas: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- INPESCA. (27 de Abril de 2020). Dietas alternativas de bajo costo para la producción de peces como la tilapia. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=alimentacion+alternativa+para+peces&oq=alimentacion+alternativa+para+peces&aqs=chrome..69i57j0i13i512j0i13i30j0i8i13i30l2.11079j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Jimenez, L., Castaño, R., Felipe, P., Gamboa, D., García, S., Chiroque, J., & Francisco, O. (20 de Agosto de 2018). Importancia del conocimiento de las vitaminas hidrosolubles en la nutrición animal. La Habana, Universidad Agraria La Habana, Cuba. Obtenido de <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/importancia-conocimiento-vitaminas-hidrosolubles-t42643.htm>
- Landines, M., Rodriguez, L., & Rodriguez, D. (2011). Estratguias de alimentación para cachama y chamu a partir de practicas de restricción alimenticia,. Bogotá: Produmedios.
- Luna, C., & Loarte, Y. (2017). Sustitución parcial de harina de pescado por harina de hoja de yuca (*Manihot esculenta*) como insumo en la dieta, en el crecimiento y supervivencia de *Colossoma macropomum* “gamitana” en laboratorio. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa.
- MAGAP. (2015). Cachama, alternativa de producción para familias de la Amazonía. Obtenido de [https://www.agricultura.gob.ec/cachama-alternativa-de-produccion-para-familias-de-la-amazonia/#:~:text=La%20cachama%2C%20especie%20nativa%20de,entero%20\(eviscerado\)%20y%20ahumado.](https://www.agricultura.gob.ec/cachama-alternativa-de-produccion-para-familias-de-la-amazonia/#:~:text=La%20cachama%2C%20especie%20nativa%20de,entero%20(eviscerado)%20y%20ahumado.)
- MAGAP. (2019). MAGAP construye piscinas para siembra de Cachama en la Amazonía. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/magap-construye-piscinas-para-siembra-de-cachama-en-la-amazonia/>
- Moreno, V., Mogollón, S., & Figueroa, M. (2021). Evaluación del crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomun*) en el cultivo con albaca (*Ocimum basilicum*) y sistema de recirculación de agua. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Núñez, S., & Tello, J. (2017). Efecto de dietas con diferentes niveles proteicos en el crecimiento y composición corporal de alevines de *Colossoma macropomum* (Serralsamidae) gamitana cultivados en estanque. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

- Ortiz, L. (2021). Caracterización de la alimentación en el crecimiento de la cachama negra en sistema de cultivo. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6614/1/UPSE-TBM-2021-0016.pdf>
- Párraga, R. (2021). Evaluación nutricional de "*Oreochromis spp*" con alimentación complementaria de harina de soya al 5%. . Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Pineda, H., Restrepo, L., & Olivera, M. (2016). Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidas en estanque. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.
- Pronaca. (2021). Pro Tilapia. Obtenido de <https://www.procampo.com.ec/index.php/protilapia-juvenil-1-iniciador>
- Sánchez, C. (2017). "Evaluación de dos niveles de inclusión de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana*) en la dieta para alevinos de *Colossoma macropomum*". Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- SEDCA. (27 de Junio de 2019). Proteína animal. Obtenido de <https://nutricion.org/portfolio-item/proteina-animal/>
- Soto, F. (2022). Muestran efecto de niveles crecientes de carbohidratos digeribles en dieta de peces. ECAAPMA. Obtenido de <https://www.salmonexpert.cl/carbohidratos-dieta-fcr/muestran-efecto-de-niveles-crecientes-de-carbohidratos-digeribles-en-dieta-de-peces/1283835>
- Tomalá, D., & Escobar, J. C. (2014). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno de *Colossoma macropomum* en relación al peso corporal y temperatura del agua. Latin american journal of aquatic research, 971-979.
- Triviño, C. (2010). Evaluación agronómica de 15 líneas de soya (*Glycine max*) (*L*)*Merril*) destinadas para la alimentación humana. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: Yaguachi, Ecuador.
- Trujillo, J. (2022). La rentabilidad en la producción de cachama está entre 8% y 16% para los acuicultores. Obtenido de Agronegocios: <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-rentabilidad-en-la-produccion-de-cachama-esta-entre-8-y-16-para-los-acuicultores-3511594>
- Tumbaco, C. (2020). Evaluación de crecimiento de "*Piaractus brachypomus*" en dos sistemas de producción completando la alimentación de soya hidropónica. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Tveteras, R., Nystoyl, R., & Jory, D. (2020). Revisión y pronóstico de la producción mundial de peces. Obtenido de

<https://www.globalseafood.org/advocate/goal-2019-revision-y-pronostico-de-la-produccion-mundial-de-peces/>

- Urango, L. (2018). Componentes del maiz en la nutrición humana. Mexico.
- Urbano, T. (21 de Agosto de 2019). Cachama: tipos, beneficios, características y cultivo. Obtenido de Cachama: tipos, beneficios, características y cultivo: <https://agrotendencia.tv/agropedia/agropedia/acuicultura/el-cultivo-de-la-cachama/>
- Urbano, T. (27 de Enero de 2020). *Acuicultura* – Tipos de alimentos, nutrición y manejo. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/agropedia/acuicultura/alimentos-para-acuicultura/>
- Velasco, J., & Gutiérrez, M. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce . *Politécnica*, 82-93.
- Viana, R., & Rebollo, A. (1998). Cultivo intensivo de la cachama *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818). Santa Marta: Universidad Tecnológica del Magdalena.

13. ANEXOS

ELABORACIÓN DEL ALIMENTO ARTESANAL



Anexo 1. Selección de materia prima



Anexo 2. Secado solar



Anexo 3. Proceso de molienda



Anexo 4. Harina de hoja de yuca



Anexo 5. Harina de pescado



Anexo 6. Harina de soya



Anexo 7. Proceso de peletizado



Anexo 8. Alimento artesanal

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CULTIVO



Anexo 9. Preparación de tanques de cultivo



Anexo 10. Aclimatación térmica de alevines



Anexo 11. Alimentación comercial



Anexo 12. Alimentación artesanal



Anexo 13. Proceso biométrico (peso)



Anexo 14. Proceso biométrico (talla)

PARÁMETROS TEMPERATURA PH Y OXÍGENO



Anexo 15. Oxígeno disuelto



Anexo 16. Temperatura y pH

CONTROL DE CRECIMIENTO

Anexo 17. Tratamiento control; control de crecimiento, Alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.

Mes	Dia	Tanque	Tratam. (%)	A. S	Control	Talla	FCA	EA
5	4	Control	100	2.6	0.4	2.1	6.5	16.6
5	12	Control	100	3	0.8	2.9	3.8	26.3
5	19	Control	100	6.1	1.5	3.4	4.1	24.4
5	27	Control	100	9.4	1.7	3.8	3.4	29.4
6	3	Control	100	10.7	3.4	5.2	5.5	18.2
6	11	Control	100	21.4	5.3	6.1	4	25
6	18	Control	100	33.3	7.1	6.8	4.6	21.7
6	26	Control	100	44.7	12.8	7.5	3.4	29.4

Anexo 18. Tratamiento 1; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.

Mes	Dia	Tanque	Tratam. (%)	A. S	Control	Talla	FCA	EA
5	4	1	25	2.6	0.5	2.2	5.3	18.9
5	12	1	25	3.8	0.8	2.9	4.8	20.8
5	19	1	25	6.1	1.5	3.4	4.1	24.4
5	27	1	25	11.5	2	3.9	7	14.3
6	3	1	25	11.5	3.4	5.1	3.3	30.3
6	11	1	25	26.1	4.8	5.9	5.4	18.5
6	18	1	25	33.6	9.2	7.4	3.6	27.8
6	26	1	25	64.4	16.1	9.2	4	25

Anexo 19. Tratamiento 2; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.

Mes	Dia	Tanque	Tratam. (%)	A. S	Control	Talla	FCA	EA
5	4	2	50	2.6	0.4	2.1	6.5	16.7
5	12	2	50	3.8	1.1	3.2	3.4	29.4
5	19	2	50	8.4	1.6	3.5	5.2	19.2
5	27	2	50	12.3	2	4.1	6.1	16.4
6	3	2	50	13.8	3.4	5.3	5.2	19.2
6	11	2	50	26.1	5	6.2	4	25
6	18	2	50	31.5	8	7	3.9	25.6
6	26	2	50	50.4	12.1	8.3	4.1	24.4

Anexo 20. Tratamiento 3; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.

Mes	Dia	Tanque	Tratam. (%)	A. S	Control	Talla	FCA	EA
5	4	3	75	2.6	0.5	2.2	5.2	19.2
5	12	3	75	3.8	1.2	3.4	3.1	32.3
5	19	3	75	9.2	1.7	4	5.4	18.5
5	27	3	75	13	2.4	4.5	5.4	18.5
6	3	3	75	18.4	4.6	5.6	4	25
6	11	3	75	35.4	7.6	7.1	4.6	21.7
6	18	3	75	58.5	9.7	7.8	6	16.7
6	26	3	75	74.5	15.7	9	4.7	21.3

Anexo 21. Tratamiento 4; control de crecimiento, alimento suministrado, Factor de Conversión Alimenticia, Eficiencia Alimenticia.

Mes	Dia	Tanque	Tratam. (%)	A. S	Control	Talla	FCA	EA
5	4	4	100	2.6	0.4	2.2	6.5	15.4
5	12	4	100	3.8	1.1	3	3.4	29.4
5	19	4	100	8.4	1.6	3.4	5.2	19.2
5	27	4	100	12.5	2.1	3.9	5.9	17
6	3	4	100	13.1	3.8	5.4	3.4	29.4
6	11	4	100	27.4	5.5	6.4	4.9	20.4
6	18	4	100	32.1	8.2	7.1	3.9	25.7
6	26	4	100	48.7	13.4	8.5	3.6	27.8

ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA

```
## Call:
##   aov(formula = `Peso (g)` ~ Tratamiento)
##
## Terms:
##           Tratamiento Residuals
## Sum of Squares      8.8685  771.0475
## Deg. of Freedom      4      35
##
## Residual standard error: 4.693605
## Estimated effects may be unbalanced
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamiento  4  8.9  2.217  0.101 0.982
## Residuals   35 771.0 22.030
```

Anexo 22. Análisis comparativo de peso en los tratamientos: T0, T1, T2, T3 y T4.

```
## Call:
##   aov(formula = `Talla (cm)` ~ Tratamiento)
##
## Terms:
##           Tratamiento Residuals
## Sum of Squares      2.2125  171.3425
## Deg. of Freedom      4      35
##
## Residual standard error: 2.212578
## Estimated effects may be unbalanced
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamiento  4  2.21  0.553  0.113 0.977
## Residuals   35 171.34  4.896
```

Anexo 23. Análisis comparativo de talla en los tratamientos: T0, T1, T2, T3 y T4.

```
## Call:
##   aov(formula = FCA ~ Tratamiento)
##
## Terms:
##           Tratamiento Residuals
## Sum of Squares      0.8385  43.2575
## Deg. of Freedom         4      35
##
## Residual standard error: 1.111723
## Estimated effects may be unbalanced
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamiento  4  0.84  0.2096  0.17  0.952
## Residuals   35 43.26  1.2359
```


Anexo 24. Análisis comparativo de FCA en los tratamientos: T0, T1, T2, T3 y T4.

```
## Call:
##   aov(formula = EA ~ Tratamiento)
##
## Terms:
##           Tratamiento Residuals
## Sum of Squares      24.8335  916.1425
## Deg. of Freedom         4      35
##
## Residual standard error: 5.1162
## Estimated effects may be unbalanced
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamiento  4  24.8  6.208  0.237  0.915
## Residuals   35 916.1  26.176
```

Anexo 25. Análisis comparativo de EA en los tratamientos: T0, T1, T2, T3, y T4.

PRUEBA DE NORMALIDAD

 Tests for normal distribution

	Control	T1	T2	T3	T4
N	8	8	8	8	8
Shapiro-Wilk W	0.8504	0.8042	0.8677	0.8751	0.8662
p(normal)	0.0961	0.03175	0.1431	0.169	0.1382
Anderson-Darling A	0.5194	0.6905	0.4867	0.4489	0.4789
p(normal)	0.1268	0.04307	0.1572	0.2008	0.1654
p(Monte Carlo)	0.142	0.0458	0.1644	0.2102	0.1759

Anexo 26. Prueba de normalidad – Peso

🍌 Tests for normal distribution

	T0	T1	T2	T3	T4
N	8	8	8	8	8
Shapiro-Wilk W	0.9594	0.9443	0.9681	0.9665	0.951
p(normal)	0.804	0.6539	0.8828	0.8693	0.7215
Anderson-Darling A	0.2029	0.2385	0.1772	0.1829	0.2276
p(normal)	0.81	0.6802	0.8842	0.8696	0.7217
p(Monte Carlo)	0.8499	0.7412	0.9209	0.9035	0.766

Anexo 27. Prueba de normalidad – Talla

🍌 Tests for normal distribution

	T0	T1	T2	T3	T4
N	8	8	8	8	8
Shapiro-Wilk W	0.8723	0.93	0.919	0.9487	0.8912
p(normal)	0.1587	0.5163	0.4219	0.6978	0.24
Anderson-Darling A	0.4641	0.2858	0.3512	0.2652	0.3864
p(normal)	0.1821	0.5274	0.3696	0.5843	0.2977

Anexo 28. Prueba de normalidad – FCA

🍌 Tests for normal distribution

	T0	T1	T2	T3	T4
N	8	8	8	8	8
Shapiro-Wilk W	0.9288	0.9756	0.9122	0.8463	0.8873
p(normal)	0.505	0.9378	0.3696	0.08736	0.2208
Anderson-Darling A	0.2582	0.169	0.3694	0.5646	0.3969
p(normal)	0.6077	0.8981	0.3307	0.09656	0.279

Anexo 29. Prueba de normalidad - EA