



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

TEMA:

USO DE LA HARINA DE PLUMA DE POLLO HIDROLIZADA EN LA DIETA DE
Dormitator latifrons

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

KRYSTELL LISBETH PALMA REYES

TUTOR:

Blga. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M.Sc.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2025

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

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“USO DE LA HARINA DE PLUMA DE POLLO HIDROLIZADA EN LA
DIETA DE *DORMITATOR LATIFRONS*”.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

Autor:

KRYSTELL LISBETH PALMA REYES

Tutora

Blga. TOMALÁ SOLANO DENNIS, M. Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR 2025

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “Uso de la harina de pluma de pollo hidrolizada en la dieta de *Dormitator latifrons*”, elaborado por Palma Reyes Krystell Lisbeth, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0922584982

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “Uso de la harina de pluma de pollo hidrolizada en la dieta de *Dormitator latifrons*”, elaborado por Palma Reyes Krystell Lisbeth, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0905937686

DEDICATORIA

A Dios por brindarme fortaleza, guía y no abandonar mi vida.

A mis padres Gioconda Elizabeth Reyes Pozo y Vicente Efraín Palma Gonzabay, por su amor, sacrificios y el invaluable apoyo sin importar lo difícil que sea.

A mis hermanos, Steven Palma Reyes y Angie Palma Reyes por su incondicional apoyo y por inspirarme a crecer profesional y personalmente.

Dedico de manera especial a Paul Castillo por creer en mí en todo momento, por su apoyo y paciencia.

A mis amigos, en especial a Dave Tomalá, Diana González y Ariana Alejandro.

Krystell Lisbeth Palma Reyes

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA por brindarme la oportunidad de desarrollarme como profesional, y a las autoridades de la FACULTAD CIENCIAS DEL MAR por los conocimientos y enseñanzas que me brindaron a lo largo de mi carrera.

A la Blga. Dennis Tómalá Solano, M. Sc., por brindarme de su tiempo y guiarme como tutora durante el desarrollo de mi investigación, por sus enseñanzas y paciencia para poder culminar con mi trabajo de integración curricular.

A la Sra. Esther Palma Rosales gerente general del laboratorio “COCOLAB” quien me brindó sus instalaciones para efectuar mi trabajo de investigación.

Krystell Lisbeth Palma Reyes

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por Palma Reyes Krystell Lisbeth como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 09/07/2025



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
**DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.
**PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.
**DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marin, Mgt.
**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Krystell Lisbeth Palma Reyes**, declaro que la presente investigación es de mi autoría, me hago responsable por las ideas, hechos, investigaciones y resultados que se presentan en este trabajo de integración curricular.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Krystell Lisbeth Palma Reyes

C.I. 240028250

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PROBLEMÁTICA.....	3
3.	JUSTIFICACIÓN.....	5
4.	OBJETIVOS	7
7.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
7.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5.	HIPÓTESIS.....	8
6.	MARCO TEÓRICO	9
6.1	Cultivo de <i>D. latifrons</i> en Ecuador.....	9
6.2	<i>Dormitator latifrons</i>	10
6.3.1	Distribución	10
6.3.2	Taxonomía.....	11
6.3.3	Características morfológicas.....	11
6.3.4	Hábitat	13
6.3.5	Reproducción.....	13
6.3.6	Parámetros fisicoquímicos requeridos para la especie.....	15
6.3.6.1	Temperatura.....	15
6.3.6.2	pH.....	16
6.3.6.3	Oxígeno disuelto	16
6.3.7	Alimentación.....	16
6.3.8	Requerimiento nutricional	17
6.3.9	Harina de pluma de pollo.....	18
6.3.10	Proceso de hidrólisis.....	19
6.3.11	Métodos para balancear raciones de un alimento.....	20
6.3.12	Normas de calidad aplicadas.....	22
7.	METODOLOGÍA.....	23
7.3	Tipo de investigación.....	23
7.4	Área de estudio.....	23
7.5	Implementación del diseño experimental.....	24
7.6	Ración alimenticia	26

7.7	Elaboración de la harina de pluma de pollo	26
7.8	Elaboración del alimento balanceado	28
7.9	Análisis bromatológico del alimento balanceado.....	29
7.10	Parámetros ambientales	30
7.11	Análisis estadístico.....	30
8.	RESULTADOS.....	33
8.1.1	Efectividad del alimento.....	33
8.1.2	Incremento de peso y longitud.....	33
8.1.3	Supervivencia de <i>D. latifrons</i>	36
8.1.4	Biomasa.....	36
8.1.5	Factor de conversión alimenticia	37
8.1.6	Eficiencia de alimentación.....	38
9.	DISCUSIÓN	45
10.	CONCLUSIONES.....	51
11.	RECOMENDACIONES	52
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	53
13.	ANEXOS	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	11
Tabla 2	28
Tabla 4	40
Tabla 5	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	14
Figura 2	24
Figura 3	25
Figura 4	27
Figura 5	34
Figura 6	34
Figura 7	35
Figura 8	36
Figura 9	37
Figura 10	39
Figura 11	42
Figura 12	43
Figura 13	44

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad Anderson – Darling a los datos finales de incremento de longitud de <i>D.latifrons</i>	65
Anexo 2. Prueba de homocedasticidad de varianzas de Levene de los datos de longitud	66
Anexo 3. Análisis por método Tukey para comparar datos de incremento de longitud.....	66
Anexo 4. Prueba de homocedasticidad de varianzas de Levene de los datos de peso	67
Anexo 5. Prueba de normalidad Anderson – Darling a los datos finales de incremento de peso de <i>D.latifrons</i>	67
Anexo 6. Análisis por método Tukey para comparar datos de incremento de peso	68
Anexo 7. Tabla de alimentación para tilapias	68
Anexo 8. Registro de datos del peso promedio de <i>D. latifrons</i> en los diferentes tratamientos.	69
Anexo 9. Registro de datos de longitud promedio de <i>D. latifrons</i> en los diferentes tratamientos.....	70
Anexo 10. Promedios de parámetros fisicoquímicos de cada tratamiento	71
Anexo 11. Siembra de juveniles de <i>D.latifrons</i>	72
Anexo 12. Diseño experimental.....	72
Anexo 13. Registro de datos de parámetros fisicoquímicos del agua.....	72
Anexo 14. Biometría de juveniles de <i>D.latifrons</i>	72
Anexo 15. Elaboración de harina de pluma de pollo	72
Anexo 16. Ingredientes para la formulación de alimento balanceado	72
Anexo 17. Elaboración de alimento balanceado.....	72
Anexo 18. Muestras de alimento balanceado por tratamiento destinadas para análisis proximal.....	72

GLOSARIO

Hidrólisis: Proceso químico en el que una molécula se descompone por reacción con el agua.

Nutrición: Proceso biológico mediante el cual los seres vivos obtienen y utilizan los nutrientes de los alimentos.

Proteína: Macromolécula formada por aminoácidos que cumple funciones estructurales y funcionales en los organismos.

Digestibilidad: Capacidad del animal para descomponer y absorber los nutrientes contenidos en un alimento.

Juvenil: Etapa de desarrollo de los peces posterior al estado larval, en la que el individuo aún no ha alcanzado la madurez sexual.

Queratina: Proteína fibrosa e insoluble que forma parte de estructuras como el cabello, las uñas, plumas y cuernos en animales.

ABREVIATURAS

T: temperatura.

OD: Oxígeno disuelto.

pH: Potencial de Hidrógeno.

°C: Grados Celsius.

g: gramos.

cm: centímetros.

m: metros

m³: metros cúbicos.

L: litros.

mg/L: miligramos por litro.

HP: Harina de pescado

HPP: Harina de pluma de pollo

T1: Tratamiento 1

T2: Tratamiento 2

TC: Tratamiento control

RESUMEN

La presente investigación evaluó la inclusión de harina de pluma de pollo hidrolizada (HPP) como fuente proteica alternativa en la dieta de juveniles de *Dormitator latifrons* analizando parámetros de crecimiento, supervivencia, rendimiento productivo, biomasa y eficiencia alimenticia. El estudio experimental se llevó a cabo durante 90 días en el laboratorio “COCOLAB”, utilizando un diseño con tres tratamientos: T1 (50% HPP), T2 (75% HPP) y un tratamiento control (TC) con 100% harina de pescado (HP), cada uno con tres repeticiones. Los tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros productivos ($p > 0.05$). Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros productivos ($p > 0.05$). La mayor ganancia de peso promedio fue en el tratamiento control (TC) con 28.63 g, seguido de T2 (25.78 g) y T1 (25.15 g). La longitud final alcanzó 13.23 cm en el TC, 12.24 cm en T1 y 12.16 cm en T2. El incremento de biomasa fue de 344 g en TC, 305 g en T2 y 298 g en T1. La eficiencia alimentaria fue similar entre tratamientos: 10.70% (TC), 10.52% (T1) y 10.37% (T2). La supervivencia se mantuvo alta, con 100% en TC y 92% en T1 y T2. Se concluye que la harina de pluma de pollo hidrolizada puede emplearse como sustituto parcial de la harina de pescado sin afectar negativamente el desarrollo y la supervivencia de los organismos.

Palabras clave: Alimentación, sostenibilidad, subproductos avícolas, proteína, hidrólisis.

ABSTRAC

This study evaluated the inclusion of hydrolyzed chicken feather meal (HPP) as an alternative protein source in the diet of juvenile *Dormitator latifrons*, analyzing growth, survival, productive performance, biomass, and feed efficiency parameters. The experimental study was carried out for 90 days in the "COCOLAB" laboratory, using a design with three treatments: T1 (50% HPP), T2 (75% HPP), and a control treatment (TC) with 100% fish meal (HP), each with three replicates. The treatments did not show statistically significant differences in productive parameters ($p > 0.05$). The highest average weight gain was in the control treatment (TC) with 28.63 g, followed by T2 (25.78 g) and T1 (25.15 g). The final length reached 13.23 cm in TC, 12.24 cm in T1 and 12.16 cm in T2. The biomass increase was 344 g in TC, 305 g in T2 and 298 g in T1. Feed efficiency was similar between treatments: 10.70% (TC), 10.52% (T1) and 10.37% (T2). Survival remained high, with 100% in TC and 92% in T1 and T2. It is concluded that hydrolyzed chicken feather meal can be used as a partial substitute for fishmeal without negatively affecting the development and survival of the organisms.

Keywords: Nutrition, sustainability, poultry by-products, protein, hydrolysis.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años, la acuicultura ha registrado un desarrollo acelerado, estableciéndose como una de las principales fuentes de proteína animal a escala global (Sepúlveda Chaverra, 2024). No obstante, el éxito de la acuicultura depende fundamentalmente de la eficacia del manejo de los diversos elementos que la componen, siendo la alimentación uno de los factores más determinantes. Los alimentos balanceados representan entre el 40 y el 60 % del costo total de producción, lo que los convierte en el insumo más relevante desde un punto de vista económico (González, 2020). Tradicionalmente, la alimentación para peces se ha basado en la harina de pescado, reconocida como una excelente fuente proteica debido a su contenido en aminoácidos esenciales, palatabilidad y alta digestibilidad. Sin embargo, su alto costo y la creciente demanda para el consumo humano han generado la necesidad de buscar alternativas más sostenibles en la acuicultura (Borrell, 2020).

En Ecuador, *Dormitator latifrons* se encuentra distribuido ampliamente en estuarios de la región litoral, principalmente en la provincia de Manabí (Haz Alvarado & Arias Palacios, 2009). *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844), también conocido en Ecuador como chame o chalaco, es una de las especies de interés comercial en este país, según Machuca & Rodríguez (2022) la producción de este pez empieza desde los años de 1980, ganando aceptación en el mercado por su carne. Aunque el chame es un pez

herbívoro, en sistemas de cultivo sus fuentes naturales de alimentos suelen ser insuficientes, por lo que se complementa su dieta con alimento balanceado comercial. Sin embargo, Roigé (2022) señala que debido a la disminución de la población pesquera y a la variabilidad en los costos de la harina de pescado, es cada vez más importante explorar opciones y soluciones más sostenibles y rentables que faciliten sustituir y disminuir la necesidad de este elemento. Siendo la harina de plumas de pollo una de las alternativas de fuente de proteína en la dieta de peces.

Las plumas de pollo se componen de queratina, una proteína fibrosa y difícil de digerir, produciendo residuos que representan un considerable efecto ambiental perjudicial (Apaza Ticona & Rodríguez Mamani, 2019). No obstante, por medio de métodos como hidrólisis, es posible mejorar la digestibilidad y aprovechar su valor nutricional como fuente proteica en alimentación animal (Florida Rofner, 2019). Sin embargo, hasta ahora no se han registrado estudios que empleen este recurso en juveniles de *D. latifrons*, ignorando la respuesta productiva en esta especie, lo que requiere efectuar pruebas de alimentación.

A partir de esto, el uso de esta harina en los alimentos acuícolas no solo busca satisfacer los requerimientos proteicos de *D. latifrons*, sino también reducir la dependencia de recursos marinos y contribuir a la sostenibilidad de la industria acuícola mediante el aprovechamiento de residuos avícolas, promoviendo una economía circular.

2. PROBLEMÁTICA

Actualmente, uno de los principales desafíos que enfrenta la acuicultura es el alto costo de los piensos debido a la limitada disponibilidad de especies de peces pelágicos tradicionalmente utilizados en la producción de harina de pescado. Este insumo es valorado por su excelente perfil nutricional y alta digestibilidad; sin embargo, su escasez y creciente demanda han elevado su precio, afectando directamente la rentabilidad de la actividad acuícola.

En Ecuador, a pesar de haberse realizado estudios sobre dietas alternativas para *D. latifrons*, la falta de formulaciones específicas y accesibles ha llevado a que muchos productores artesanales empleen balanceados comerciales diseñados para otras especies o incluso formulaciones caseras improvisadas. Si bien, estas opciones pueden representar un menor costo inicial, no garantizan una nutrición equilibrada, lo que podría significar un crecimiento más lento y una menor eficiencia en la conversión alimenticia. Esto limita la rentabilidad y el desarrollo de la producción de *D. latifrons* a nivel nacional, impidiendo su consolidación como una alternativa competitiva dentro de la acuicultura ecuatoriana.

Por otro lado, la industria avícola genera grandes cantidades de subproductos, entre ellos las plumas, que suelen ser desechadas, representando una carga ambiental y una pérdida de materia prima con alto contenido proteico. Pese a que la harina de plumas tiene un buen porcentaje de proteínas, su difícil digestión por contener queratina restringe su aplicación directa en la acuicultura. Sin embargo, a través del proceso de hidrólisis térmica, se puede incrementar su biodisponibilidad, creando una fuente proteica más digerible y económica.

3. JUSTIFICACIÓN

D. latifrons posee un gran potencial para la producción pesquera en Ecuador, ya que es cultivado artesanalmente para autoconsumo, comercialización y producción de harina de pescado para la alimentación de otras especies, haciendo de este recurso una importante fuente de alimento, empleo, e ingreso económico para pescadores y comerciantes de las zonas donde se encuentra y cultiva este pez (Jácome-Gómez et al., 2021).

Para asegurar la sostenibilidad, es muy importante desarrollar nuevas estrategias para la formulación de alimentos balanceados en acuicultura. Actualmente, la harina de pescado es uno de los ingredientes alimentarios para peces más utilizados debido a su contenido nutricional óptimo, pero su uso ha generado preocupación debido a su impacto ambiental y su elevado costo. La captura de peces para la producción de harina está provocando el agotamiento de las poblaciones marinas en todo el mundo, afectando no solo a los ecosistemas sino también a las comunidades pesqueras que dependen de estos recursos (FAO, 2020).

Un área importante de investigación consiste en encontrar fuentes alternativas de proteínas convencionales, convirtiéndolas entre las opciones disponibles como la harina de plumas de pollo, que ha ganado interés como subproducto de la industria

avícola por ser un producto abundante, económico y con un alto contenido de proteínas, aunque su principal limitación es la baja digestibilidad de la proteína queratina que compone la mayor parte de las plumas (Yance Flores, 2020).

Para esto, se emplean técnicas como la hidrólisis térmica y la hidrólisis enzimática para transformar las plumas en una fuente de proteína más digestible para su uso, por ejemplo, en la alimentación de los animales. En lugar de desechar subproductos avícolas, se les daría un valor agregado al incorporarlos en alimentos balanceados, lo que reduciría el impacto ambiental tanto de la industria avícola como de la industria acuícola.

IMPORTANCIA Y UTILIDAD EN LA INDUSTRIA COSMETICA..
(CORTO)

4. OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de la harina de pluma de pollo hidrolizada en la dieta de *D. latifrons* mediante tratamientos experimentales determinando crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia.

7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un alimento balanceado utilizando harina de pluma de pollo hidrolizada para la dieta de juveniles de *D. latifrons*.
- Determinar el crecimiento, supervivencia y eficiencia alimenticia de *D. latifrons* comparando los tratamientos experimentales.
- Evaluar el porcentaje de proteína, grasas, fibra, humedad y cenizas mediante análisis bromatológico del alimento balanceado.

5. HIPÓTESIS

H0: La inclusión de harina pluma de pollo hidrolizada en la dieta alimenticia de *D. latifrons* no mejora el incremento en peso.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Cultivo de *D. latifrons* en Ecuador

Según Agualsaca Ormaza (2014) la producción en Ecuador se inició en 1980, cuando el pez empezó a ganar reconocimiento por su sabor y cualidades de textura, actualmente se consume en varias partes del Ecuador, donde también se cultiva como parte de su gastronomía. Se cultivan de manera extensiva, con una densidad reducida de peces y escasas fuentes de comida, como pasto cortado y fertilizantes orgánicos, por lo tanto, estos peces suelen crecer lentamente y tienen una baja tasa de supervivencia (EcoCostas, 2006).

Este pez se adapta fácilmente al agua salada y dulce, no es depredadora de otras especies, tienen vitaminas y propiedades mineralógicas para el consumo humano; su crecimiento y reproducción ocurre en lagunas o humedales donde las personas aprovechan su comercialización, para cultivos de esta especie se pueden usar cenagales u otras prácticas de cultivo, utilizando estanques de tierra, camaroneras, chameras o lagunas donde se capturan de forma tradicional con estacas de bambú para cubrir los límites de los ríos, o a través de un trasmallo para evitar que las especies migren y luego iniciar su cultivo (Osejos Merino et al., 2018).

Según estudio de Montenegro y Vallejo Castillo (2015) *D. latifrons* se desarrolla mejor en espacios amplios, con densidad de siembra de 2 peces/m². Por otro lado, un estudio de Basto-Rosales et al. (2019) destaca que en un sistema semiintensivo en condiciones de laboratorio, este pez ha mostrado buenos resultados utilizando densidades de hasta 7 organismos/m³, con la posibilidad de incrementar la densidad de cultivo. Además, en el trabajo elaborado por Zambrano-Andrade et al. (2021) evaluaron el reemplazo de harina de pescado por harina de *Sacha Plukenetia volubilis* para el crecimiento y la supervivencia de juveniles de *D. latifrons* empleando un cultivo intensivo con una densidad de siembra de de 15 peces/m³.

6.2 *Dormitator latifrons*

6.3.1 Distribución

Es un pez común frecuente en la costa, desde el Golfo de California hasta Tumbes en la región norte de Perú (Freire Lascano, 2014). *D. latifrons* se encuentra presente en los estuarios costeros de nuestro país, en la desembocadura del río Esmeraldas en la provincia de Manabí (en las fronteras de los ríos Chone, Calceta, Portoviejo, Pedernales, Tosagua, Simbocal, Barquero), en la Provincia del Guayas (estuario salado, orilla del río Guayas), en Babahoyo y, ocasionalmente, en la Provincia de El Oro (estuario del río Santa Rosa) (Haz Alvarado & Arias Palacios, 2009).


6.3.2 Taxonomía

En la Tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica de *Dormitator latifrons*, conocida comúnmente como chame, según Richardson, 1844.

Tabla 1.

Taxonomía de Dormitator latifrons (Richardson, 1844)

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Familia	Eleotridae
Género	Dormitator
Especie	latifrons



6.3.3 Características morfológicas

Loor Aiman (2018) señala que, fisionómicamente, este pez se caracteriza por poseer un cuerpo corto, fuerte y ligeramente comprimido, puede llegar a tener una o tres libras de peso, su dimensión varía de 20 a 30 cm; su cabeza es ancha, con 4 varillas oscuras irregulares detrás del ojo, el maxilar llega al margen delantero de la órbita, en la

serie longitudinal tiene de 33 - 35 escamas y aletas pares con puntajes oscuros, el pez macho presenta un color rojizo y la hembra azul verde oscuro, por otro lado, tienen capacidades de reposo en la parte inferior del agua sin crear movimientos.

D. latifrons tiene características que lo hacen fácil de reconocer, tiene dos aletas dorsales, una de ellas con base corta y las pélvicas bien separadas, la cabeza es escamada, ancha y plana en la parte superior, con la boca un poco inclinada y el maxilar llegando hasta el frente del ojo, la mandíbula inferior es algo sobresaliente y los ojos están ubicados a los lados, en cuanto al color, es una mezcla entre café y púrpura, con unas 7-8 barras angostas en los costados que van en dirección oblicua, tienen una barra oscura debajo del ojo y varias franjas oscuras en el costado de la cabeza, un detalle distintivo es una mancha azul muy notoria detrás del borde superior del opérculo, como si fuera una "oreja" (Álvarez & Baque, 2013).

La piel muestra células con pigmentos en todo el cuerpo que le da al pez un color característico porque tiene células mucosas que le otorgan las propiedades en todo el cuerpo (Montenegro & Vallejo Castillo, 2015).

6.3.4 Hábitat

Este pez vive en estuarios, ríos y lagunas porque puede soportar condiciones ambientales elevadas como salinidad, temperatura y alta hipoxia en cautiverio (Ramírez-Alvarado & Boza-Abarca, 2019). Por lo general, viven en cenagal de agua dulce o pantanos, dejando la cabeza expuesta a la superficie del agua, lo que permite que su región dorsal realice el intercambio gaseoso con el aire solventando la hipoxia del medio (Osejos Merino et al., 2018).

6.3.5 Reproducción

D. latifrons se clasifica como una especie de ovípara, ponen huevos que se fertilizan fuera de la hembra, un adulto produce aproximadamente 6 millones de huevos al desove, la hembra libera los óvulos en un sustrato en forma de cintas, la hembra no admite el acercamiento del macho alejándolo del área por medio de golpes con su cabeza, la hembra se retira y el macho con movimientos vibratorios de la papila genital suprime el semen sobre los óvulos y, por lo tanto, toma el proceso de fecundación, el ciclo de reproducción de esta especie dura unos doce meses y encuentra una mayor actividad de reproducción en marzo y abril (Flores-Nava & Brown, 2010).

EcoCostas (2006) sostiene que el tiempo de producción es de aproximadamente un año, donde no se proporcionan alimentos adicionales, aunque varía según la densidad de siembra y la calidad del agua. Los órganos sexuales se pueden diferenciar debido a

que han mutado una aleta en su órgano copulador, en el caso de la hembra, la papila genital se observa en forma cuadrada provista con filamentos pequeños cerca de su ano, en el abdomen tiene un color amarillo y voluminoso debido al almacenamiento de óvulos, el órgano genital del macho es triangular sin filamentos (Figura 1) y en la parte abdominal se contempla un color rojizo y abultado, como en una hembra, cuando ejerce presión sobre el área, se puede observar la salida de esperma (Montenegro & Vallejo Castillo, 2015).

Figura 1

Dormitator latifrons hembra y macho



Nota. En las imágenes se observa la diferencia en la forma de la papila genital entre ejemplar hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Dormitator latifrons*. Extraído de: Montenegro & Vallejo Castillo, (2015).

6.3.6 Parámetros fisicoquímicos requeridos para la especie

D. latifrons es un pez que habita en agua dulce, lo que crea muchas oportunidades para lugares donde se puede cultivar, porque puede usar pozas, estanques, canales, piscinas como fuentes adicionales de humedales naturales. Su elevada habilidad para adaptarse y supervivencia le facilita resistir las variaciones del entorno, que también abarca elementos como la temperatura, el pH y la salinidad. A pesar de esta particularidad, para la reproducción efectiva en los criaderos se debe tener en cuenta que, la fuente de agua debe ser abundante y de buena calidad (Osejos Merino et al., 2018).

6.3.6.1 Temperatura

Según Rodríguez (2022) la temperatura que se requiere en la cría de *D. latifrons* varía entre 21 a 30°C, con un promedio de 25.5°C, la alteración de temperatura afecta directamente la tasa metabólica incrementando el consumo de oxígeno. Teniendo en cuenta el experimento de Arroba Cedeño (2013) realizado en estanques de tierra con diferentes profundidades, donde durante el día en las zonas poco profundas la temperatura varía entre 24 y 28 °C y durante las profundas está entre 18 y 22 °C, por la noche la temperatura en la zona poco profunda tiene una temperatura de 16 a 20 °C, mientras que, en la profundidad la temperatura se mantiene y por eso los peces se desplazan a zonas profundas.

6.3.6.2 pH

Según Agualsaca Ormaza (2014) manifiesta que los parámetros fisicoquímicos como potencial de hidrógeno en el cultivo de esta especie tiene un intervalo de 6.4 a 9.4. Por otro lado, Zambrano-Andrade et al. (2021) menciona que mantuvo valores óptimos de pH cercanos de 7.5 a 8.5.

6.3.6.3 Oxígeno disuelto

D. latifrons se distingue de otros peces por su capacidad para resistir los niveles de oxígeno que varían entre 0.4 mg/L (Escoto & Ramírez, 2020). Como señala el estudio de Montenegro y Vallejo Castillo (2015) el nivel de oxígeno disuelto es de 5.34 mg/L, valor beneficioso para esta especie, obteniendo un favorable porcentaje de supervivencia total con un promedio de 80%. En un trabajo experimental donde utilizaron juveniles de *D. latifrons* en tanques equipados con mangueras de plástico y un sistema de piedras difusoras vinculado a un Blower de 1.5 hp con aireación continua, mantuvieron niveles de entre 3 y 6.5 mg/l (Zambrano-Andrade et al., 2021). Cotera Perdomo (2022) recomienda que el rango óptimo debe estar por encima de los 4 mg/L.

6.3.7 Alimentación

La dieta de *D. latifrons* se compone de detritos, materia orgánica, restos vegetales, anélidos, copépodos (López et al., 2015). Según Arroba Cedeño (2013), los hábitos alimenticios se basan principalmente en fitoplancton, zooplancton, detritos y

gusanos. Estos peces se alimentan principalmente durante la noche (Haz Alvarado & Arias Palacios, 2009). Agualsaca Ormaza (2014) expresa que se han llevado a cabo estudios sobre el contenido del estómago de esta especie, clasificando los alimentos en microalgas que comprenden diatomeas, clorofitas, cianofitas, crisofitas; además de copépodos y rotíferos.

6.3.8 Requerimiento nutricional

Según Bahiense (2023) las necesidades dietéticas de *D. latifrons* son comparables a la de los animales terrestres en cuanto a nutrientes esenciales para su conservación, expansión, engorde y reproducción, en términos generales, los peces obtienen los nutrientes que requieren de fuentes naturales presentes en su entorno, tales como vegetales, organismos más pequeños, fitoplancton y zooplancton o a través de dietas comerciales.

Freire Lascano (2014) sostiene que existe una falta de investigaciones precisas sobre las necesidades nutricionales de estos peces en los estanques de cría, y los agricultores optan por utilizar métodos de alimentación no específicos. No obstante, se ha publicado una investigación sobre el impacto de diferentes niveles de proteína y lípidos en dietas experimentales para juveniles de esta especie, con el objetivo de medir el crecimiento en confinamiento, concluyendo que una alimentación con un 30% de proteína y un 8% de lípidos es adecuada para el correcto crecimiento de estas

especies (Badillo-Zapata et al., 2018). Mientras que, Agualsaca Ormaza (2014) menciona que la dieta de estos peces debe estar constituido entre un 4% y un 6% de su biomasa y un alimento balanceado debe contener al menos un 32% de proteínas.

6.3.9 Harina de pluma de pollo

6.3.9.1 Generalidades

Las plumas de pollo son desechos que se mezclan con sangre y otros residuos del proceso avícola que alcanzan a llegar al ambiente y producir contaminación (Tsfaye et al. 2018). La harina de plumas es un subproducto que podría utilizarse como alimento proteico, sin embargo, su proteína está compuesta por queratina que, en su estado natural, es altamente resistente a las enzimas digestivas y, por lo tanto, el cuerpo utiliza una mínima cantidad de sus nutrientes (Álvarez, 2010).

De acuerdo con Gonzáles (2006) las plumas están formadas por queratina, que necesita ser degradada a través de hidrólisis para ser digestible, y esto está condicionado directamente al tiempo de cocción y a la presión ejercida, realizando un rendimiento superior en los aminoácidos que poseen un valor biológico superior cuando el proceso es riguroso.

6.3.10 Proceso de hidrólisis

Hale (2021) explica que este proceso consiste en romper los polímeros que constituyen materia seca con el objetivo de liberar moléculas sacáridos, optimizando de esta manera la eficacia de procesos como la digestión anaeróbica, en la mayoría de las situaciones, la hidrólisis recurre a la temperatura y la rápida descompresión (hidrólisis térmica), a productos químicos como el ácido clorhídrico (hidrólisis química) o a enzimas (hidrólisis biológica) para desintegrar la lignina.

6.3.10.1 Hidrólisis térmica

Es un proceso bidireccional que combina el tratamiento térmico a alta presión de la materia prima, seguido de una descompresión rápida. Esta acción específica interrumpe los enlaces químicos en el material lignocelulósico y permite la inferencia (mayor superficie y menor tiempo) (Generalitat Valenciana, 2024). Este proceso posibilita convertir este subproducto en un recurso con un valor nutricional alto y genera un producto hidrolizado que resulta más digestible para los animales (Papadopoulos, 1985).

6.3.10.2 Hidrólisis biológica

Este proceso se realiza mediante enzimas celulares de alta especificación, se desarrolla en condiciones relativamente suaves (pH 4.8 y temperatura entre 45 y 50 °C); no existe el problema de oxidación y mejora las características nutricionales (energía

metabolizada, proteínas y aminoácidos) del producto final (Pastor Valles et al., 2018). Es una técnica biotecnológica que ha adquirido gran importancia debido a su eficacia para obtener propiedades hidrolizadas. Estas propiedades dependen de diversos factores, siendo uno de los más importantes en la enzima utilizada para la catálisis de la reacción (Gómez Sampedro et al., 2022).

6.3.11 Métodos para balancear raciones de un alimento

El balanceo de raciones es la elaboración equilibrada de una porción de alimento donde se combinan diferentes productos con el fin de cubrir una necesidad nutricional en los animales. Entre los distintos métodos están prueba y error, ecuaciones simultáneas, cuadrado de Pearson (Contexto Ganadero, 2021). Además, según Fedegán (2021) estos tres métodos son los más sencillos que se pueden emplear sin necesidad de ecuaciones o programas, simplemente con operaciones matemáticas.

6.3.11.1 Método de prueba y error o tanteo

Flores (2013) explica que es uno de los métodos de racionamiento de equilibrio más utilizados, principalmente porque es fácil de implementar y operar, además el funcionamiento manual requiere solo de una pequeña cantidad de alimentos y nutrientes. Sin embargo, cuando se utiliza junto con la hoja de cálculo, este método es muy práctico y permite equilibrar entre 10 y 15 alimentos y ajustar 6 nutrientes.

Este enfoque implica la combinación de ingredientes en diferentes dimensiones de organización, adaptándose a las necesidades específicas de los animales. Su simplicidad hace accesible a la mayoría de los fabricantes, especialmente a aquellos con instrumentos de cálculo previo limitados o inexistentes (Contexto Ganadero, 2021).

6.3.11.2 Método Cuadrado de Pearson

Álvarez y Baque (2013) describen que es un método simple que equilibra la ingesta de nutrientes mediante uno de ellos y utiliza pocos ingredientes. Según Zalapa Ríos (2010) es una herramienta muy sencilla para balancear raciones, con restricciones relativas, la técnica consiste en crear una imagen donde en el extremo superior izquierdo, se marca el nombre del producto a balancear y su contenido del nutriente deseado, en el extremo inferior se ubica el nombre de otro producto a combinar y su valor del nutriente respectivo y en el centro se coloca el valor deseado del nutriente.

Es uno de los procesos más utilizados para formular raciones, es simple, e incluso para personas con menos conocimientos matemáticos resulta fácil aprender, permite ajustar dos alimentos, específicamente la cantidad de materia seca y un nutriente según lo requiera el animal. Así lo demuestran autores como Apolayan y Afulayan (2008) y Omidiora et al. (2013), en nombre de sólo unos pocos.

6.3.11.3 Método de programación lineal

Es una alineación matemática por el cual se soluciona un problema indeterminado, expuesto por medio de ecuaciones lineales. En el caso de la formulación de raciones, la característica objetivo es determinar las proporciones en las que las materias primas deben mezclarse para cumplir con las necesidades de los animales al costo mínimo posible (Rosero et al., 2011). Es una técnica de optimización para los recursos restringidos en actividades conocidas para maximizar beneficios o minimizar costos como la formulación de raciones (Chachapoya Rivas, 2013).

6.3.12 Normas de calidad aplicadas

Para garantizar la inocuidad y la estabilidad del producto final, la harina de plumas hidrolizada debe cumplir con normas técnicas nacionales e internacionales. Las más relevantes son:

- **INEN 1845 (Ecuador):** Norma técnica ecuatoriana que regula los requisitos sanitarios y de calidad para alimentos balanceados destinados al consumo animal (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020).
- **Codex Alimentarius – CAC/RCP 54-2004:** Código de prácticas recomendado para una buena alimentación animal, establece lineamientos sobre ingredientes seguros, trazabilidad y procesamiento (FAO & WHO, 2008).
- **Buenas Prácticas de Manufactura (BPM):** Aplicadas en la fase de producción para asegurar condiciones higiénicas adecuadas, control de procesos y prevención de contaminantes (ARCSA, s. f.).

7. METODOLOGÍA

7.3 Tipo de investigación

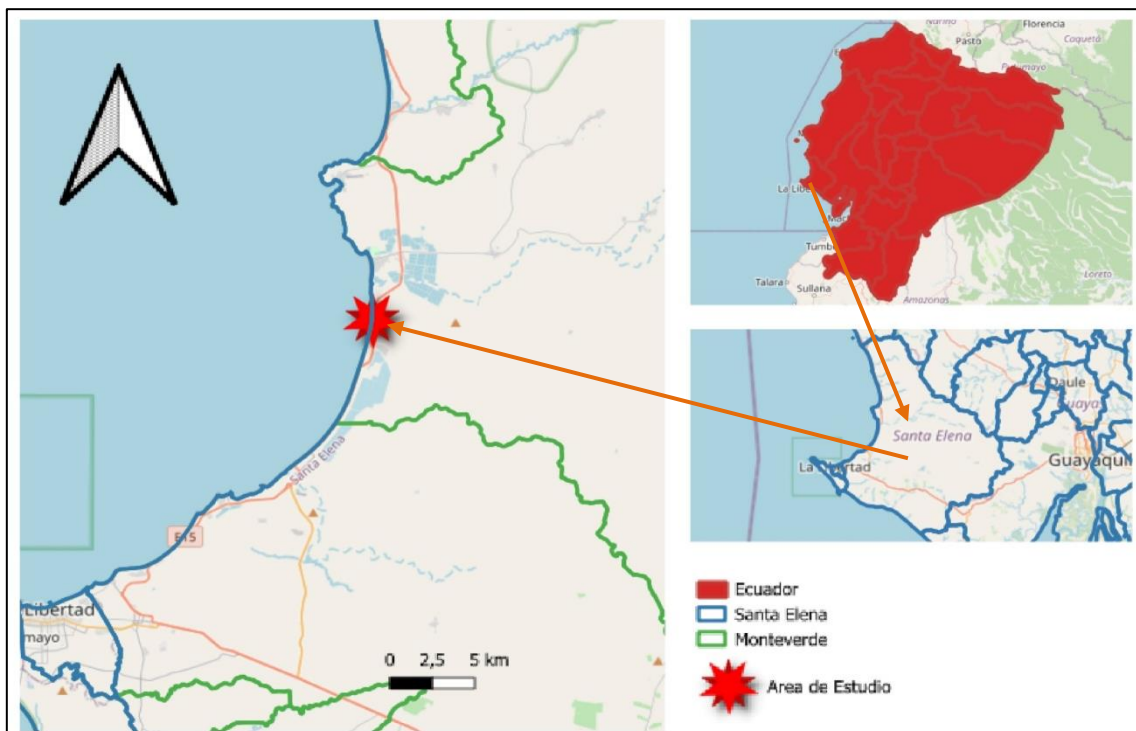
El presente estudio es de enfoque experimental y se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) (Costello, 2023), se elaboró alimento balanceado con inclusión de harina de pluma de pollo generando tres tratamientos; de los cuales, dos tratamientos con inclusión de 50 y 75% de harina de pluma de pollo y un tratamiento control (sin harina de pluma de pollo), con tres repeticiones durante 90 días de experimentación.

7.4 Área de estudio

El trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de larvas “COCOLAB” ubicado en la comuna Monteverde, parroquia Colonche de la provincia de Santa Elena, Ecuador, se encuentra bajo las coordenadas geográficas 2°03'29.3"S y 80°44'06.0"W como se presenta en la Figura 2.

Figura 2

Representación cartográfica del área de experimentación



Nota. La imagen muestra la ubicación en el territorio ecuatoriano del laboratorio “COCOLAB” en donde se realizó la investigación. Tomado de plataforma Qgis, (2025).

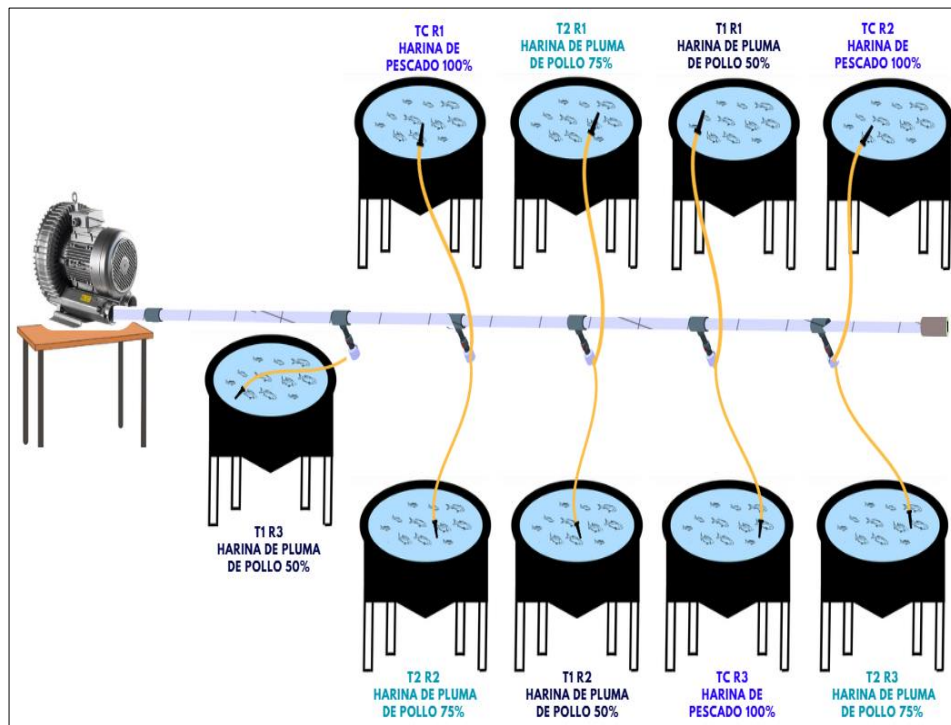
7.5 Implementación del diseño experimental

Los juveniles de *D.latifrons* que se emplearon procedieron del cantón de San Vicente, en la provincia de Manabí. Las dimensiones de la sala de experimentación fueron de 8 m de largo y 8 m de ancho, adecuada con 9 tanques plásticos con una capacidad de 450 L de agua. Las unidades experimentales contaron con aireación abastecida por un Blower industrial 1.5 hp y líneas de aire conectadas a una manguera difusora. Para el reparto de los juveniles y los tratamientos en cada unidad experimental, se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos de

alimentación balanceado (50 y 75%) de inclusión de harina de plumas de pollo y un grupo control con el 100% de harina de pescado), con tres repeticiones, durante un periodo de 90 días de estudio (Figura 3).

Figura 3

Esquema del diseño para la experimentación



Nota. El gráfico muestra un diseño experimental que contiene un sistema de tanques de agua estructurados en tres tratamientos: tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2), tratamiento control (TC). Cada tratamiento incluye tres réplicas (R1, R2 y R3), representadas con peces en su interior. Los peces serán alimentados con una dieta que incluye el 50 y 75% de inclusión de harina de plumas de pollo hidrolizada y el 100% de inclusión de harina de pescado.

Se utilizaron 108 juveniles como población total con un peso promedio de 20 g y con una longitud promedio de 12 cm, repartidos en 9 unidades de cultivo con una densidad de siembra de 0.048 peces/L. Los peces se ubicaron en tanques con capacidad de 450 L, conteniendo 250 L de agua, con recambio del 30% cada tres días, dependiendo de la calidad del agua, alimentándose 2 veces al día (07h00 y 19h00) durante el proceso de acondicionamiento y aclimatación de los animales se proporcionó un alimento balanceado comercial con 38% de proteína por una semana.

7.6 Ración alimenticia

Para efectos de este cálculo, se asume tener 108 peces en el sistema de producción, con un peso promedio de 20 g, el porcentaje de alimentación es 3.6%. Biomasa de 2160 g, ingesta diaria para cada tanque será de 8.6 g y un total de 7.5 kg.

7.7 Elaboración de la harina de pluma de pollo

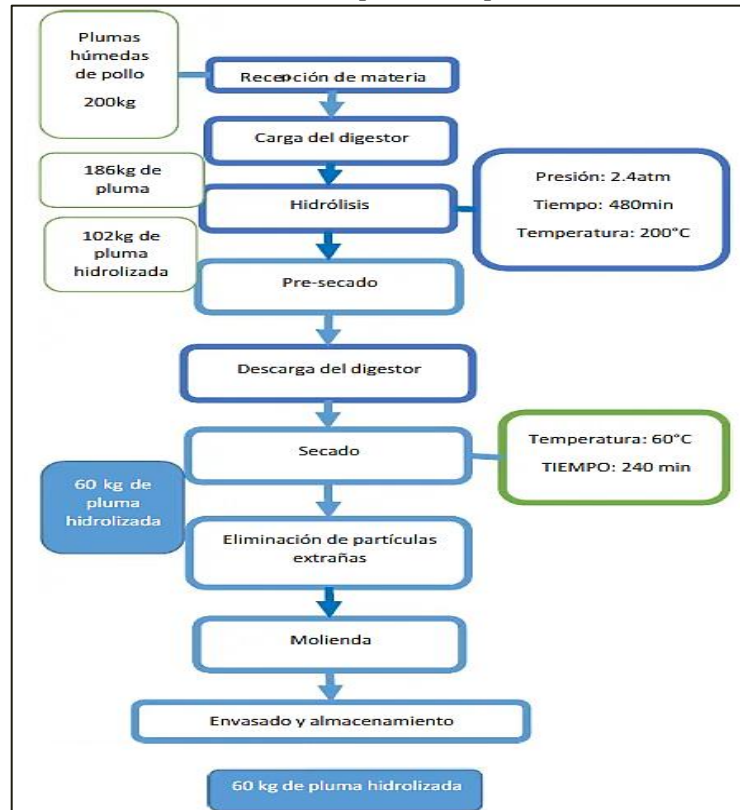
Las plumas son recolectadas de una faenadora de pollos, luego se lleva a cabo el lavado; en este proceso, se empleó agua a temperatura ambiente y desclorinada para eliminar la sangre y la suciedad sobrante. Las plumas fueron expuestas al sol, las cuales se extienden sobre una superficie limpia y elevada, se utilizó mallas para protegerlas de insectos u otros animales que puedan contaminar las plumas durante el secado. Para asegurar que todas las plumas se sequen de manera uniforme, se voltean cada cierto tiempo.

Seguidamente, se da inicio al proceso de hidrólisis térmica, el cual consiste en someter las plumas a condiciones controladas de calor y presión para descomponer

parcialmente la queratina y así mejorar su digestibilidad. Para ello, las plumas son llevadas a un digestor de vapor suministrado por una caldera, donde se cocinan a 120 °C y 60 PSI durante una hora, al finalizar, el material aún húmedo se traslada a un secador de discos, donde se aplica una presión de 60 a 70 PSI y temperaturas de 98 a 100 °C por 30 minutos (Chaparro, 2020). Luego, se tritura, tamiza y elimina partículas más finas con el fin de obtener la harina de plumas (Machado et al., 2021). Se empleó una relación de conversión aproximada de 3:1, es decir, por cada 200 kg de plumas procesadas, se obtuvo 1 kg de harina de pluma de pollo hidrolizada.

Figura 4

Proceso de elaboración de la harina de pluma de pollo.



Nota. Tomado de Regina (s. f.), Proceso de elaboración de harinas de plumas

7.8 Elaboración del alimento balanceado

Para la elaboración del alimento balanceado se utilizó el método de tanteo explicada por Santamaría (2021), luego se mezclan todos los ingredientes: harina de pluma de pollo (HPP), harina de pescado (HP), harina de maíz (HM), Harina de arroz (HA), Premezclado de vitaminas y minerales, carboximetilcelulosa (CM), aceite de pescado y agua como se describe en la Tabla 2. Hasta obtener una mezcla pastosa y manejable al tacto.

Tabla 2

Proporción porcentual de ingredientes para la elaboración de alimentos balanceados experimentales obtenidos por Método de Tanteo.

Materia prima	Porcentaje (%)	Preparación 3000 (g)	Tratamientos experimentales		
			T1 50% HPP	T2 75% HPP	TC 100% HP
Harina de pluma de pollo	20	600	585	877.5	0
Harina de pescado	19	570	585	292.5	1170
Harina de maíz	34	1020	1020	1020	1020
Harina de arroz	18	540	540	540	540
Aceite de pescado	4	120	120	120	120
Premezclado de vitaminas y minerales	2	60	60	60	60
Carboximetilcelulosa	3	90	90	90	90

Nota. Tratamiento 1 (50% HPP y 50% HP), Tratamiento 2 (75% HPP y 25% HP) y Tratamiento control (100% HP)

Para realizar la peletización por medio de un molino de carne y obtener los fideos de la mezcla para posteriormente ser divididos en gránulos de acuerdo con el tamaño requerido por los juveniles (2 mm), una vez elaborados los pellets, son expuestos al sol a 29 °C por 5 minutos para reducir el contenido de humedad, prolongar su conservación y evitar el crecimiento de microorganismos, el alimento balanceado se debe ubicar en recipientes herméticos hasta su uso en la fase experimental (Zambrano-Andrade et al., 2021, p. 127).

7.9 Análisis bromatológico del alimento balanceado

Para establecer la composición nutricional de las dietas formuladas, se llevó a cabo un análisis proximal en un laboratorio certificado donde se aplicó el método establecido por la AOAC (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales).

La proteína cruda se determinó mediante el método Kjeldahl, que estima el contenido de nitrógeno para calcular el nivel proteico. El contenido de grasa se evaluó siguiendo el procedimiento de Folch modificado. Para la fibra cruda, se empleó una digestión ácida y alcalina controlada. Las cenizas se obtuvieron por incineración de la muestra en horno mufla a altas temperaturas. Finalmente, la humedad se determinó por secado en estufa.

7.10 Parámetros ambientales

Para la medición de parámetros de cultivo se utilizó un termómetro ambiental de mercurio que registró la temperatura, el pH utilizando un medidor portátil de pH de marca HANNA y oxígeno disuelto con un oxigenómetro YSI.

7.11 Análisis estadístico

Durante el trabajo experimental se obtuvieron datos de la biometría de los peces, la toma de estos datos se realizó cada 15 días, para determinar los cambios morfológicos de las especies. Los datos incluyeron; talla (cm), peso (g) y supervivencia (número de especies).

Para finalizar, se determinó la comprobación de normalidad de datos mediante la prueba de Anderson – Darling y Prueba de Levene para evaluar la homocedasticidad o igualdad de la varianza de datos. En este caso, presentaron normalidad de datos y se utilizó el análisis estadístico ANOVA para comparar medias, se usó la prueba de Tukey con valor de significancia del 95%. El análisis estadístico fue realizado utilizando el software Minitab versión 19.0, y los datos fueron registrados y tabulados previamente en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2016.

También se utilizó fórmulas para determinar los parámetros de rendimiento productivo.

Ganancia de peso

$$Ganancia\ de\ peso\ (g) = Peso\ final - Peso\ inicial$$

Incremento de longitud

$$Ganancia\ de\ longitud\ (cm) = Longitud\ final - Longitud\ inicial$$

Biomasa

$$Biomasa = Número\ de\ organismos * Peso\ promedio$$

Factor de conversión alimenticia (FCA)

Se estableció la Tasa de Conversión Alimenticia utilizando la siguiente fórmula (Guerrero, 2022).

$$FCA = \frac{Alimento\ suministrado}{Biomasa\ final}$$

Supervivencia

De acuerdo a Huamán-Silva (2016) para obtener el porcentaje de supervivencia se utiliza la siguiente ecuación.

$$TS = \frac{Densidad\ final}{Densidad\ inicial} \times 100$$

Eficiencia de alimentación (IEA)

$$\%IEA = (1 / FCA) * 100$$

8. RESULTADOS

8.1.1 Efectividad del alimento

Se realizó la prueba de flotabilidad del pellet, observando que la totalidad del alimento se hundió rápidamente en aproximadamente 3 segundos al entrar en contacto con el agua. Esta característica no representó una desventaja, debido a que *D. latifrons* es una especie de hábito bentónico, es decir, se alimenta en el fondo del cuerpo de agua. Por lo tanto, el rápido hundimiento del alimento elaborado favoreció la disponibilidad en el fondo de los tanques permitiendo que los peces naturalmente busquen el alimento.

El alimento balanceado con la inclusión de la harina de pluma de pollo fue almacenado en frascos plásticos herméticos para evitar la proliferación de hongos. Durante el periodo experimental de 90 días se utilizó un total aproximado de 3 kg de alimento por tratamiento, de los cuales se consumieron alrededor de 2.5 kg.

8.1.2 Incremento de peso y longitud

El mayor peso promedio para *D. latifrons* se presentó en el TC de 28.63 g durante el período experimental, a diferencia del T1 se obtuvo 25.15 g, en el T2 un valor de 25.78 g. Estadísticamente, no existió una diferencia significativa entre los pesos promedio de los diferentes tratamientos, el valor $p=0.0422$, indicando que las tres dietas implementadas influyen de manera similar en el desarrollo del peso de los organismos (Figura 5). El incremento de peso fue de 1.4 g semanal aproximadamente y el valor de $p=0.094$ (Figura 6).

Figura 5

Pesos promedio final de cada tratamiento

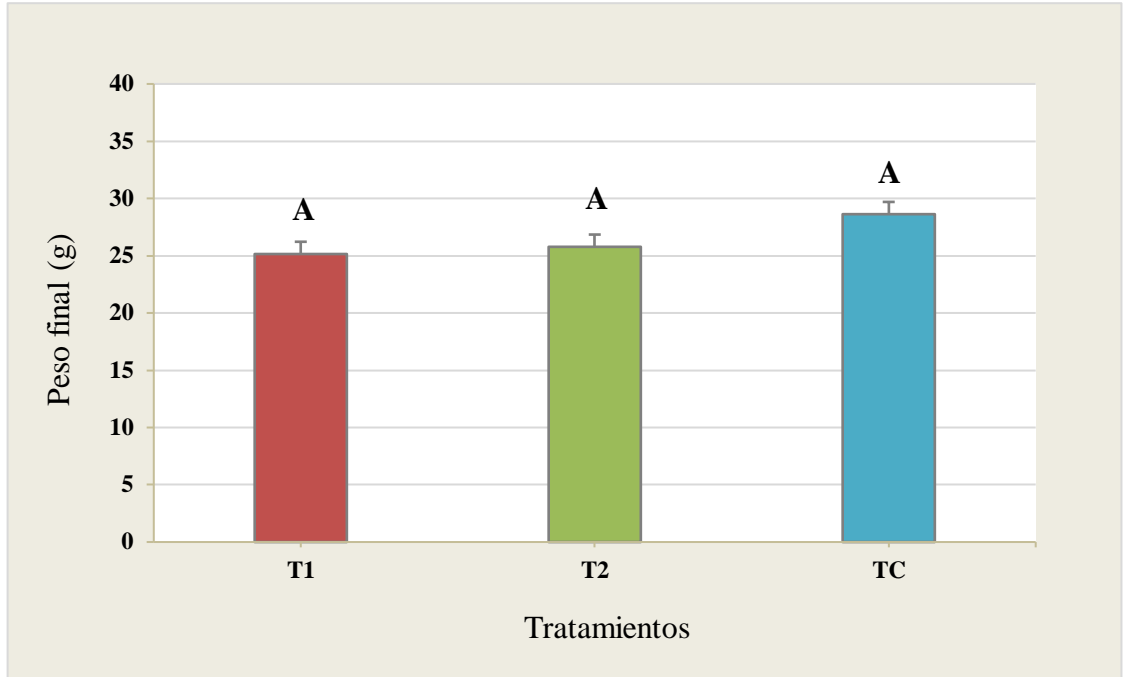
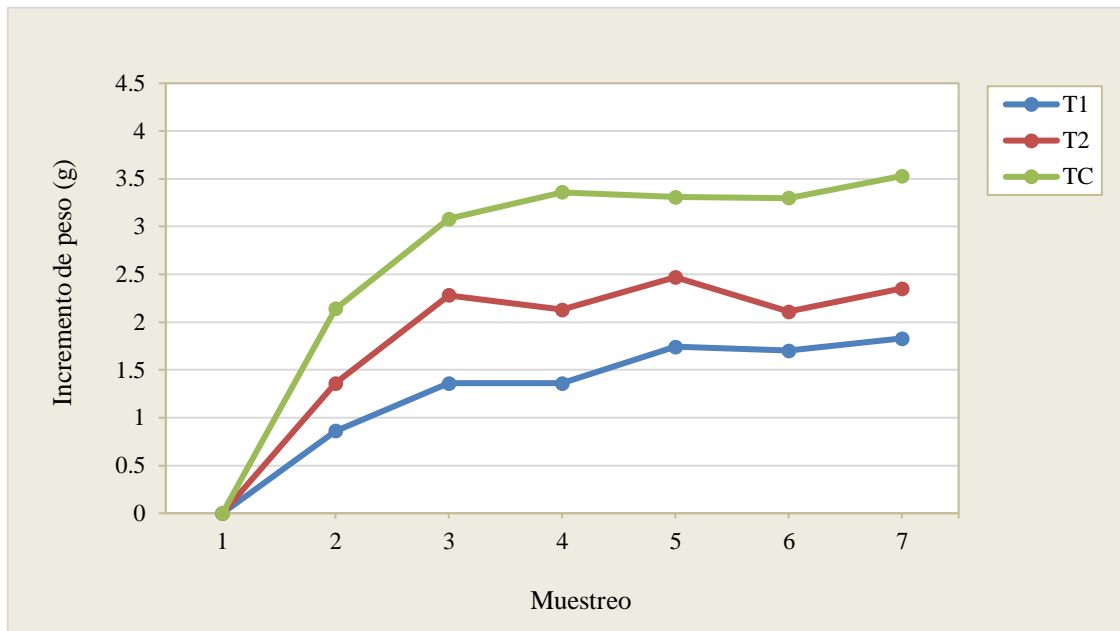


Figura 6.

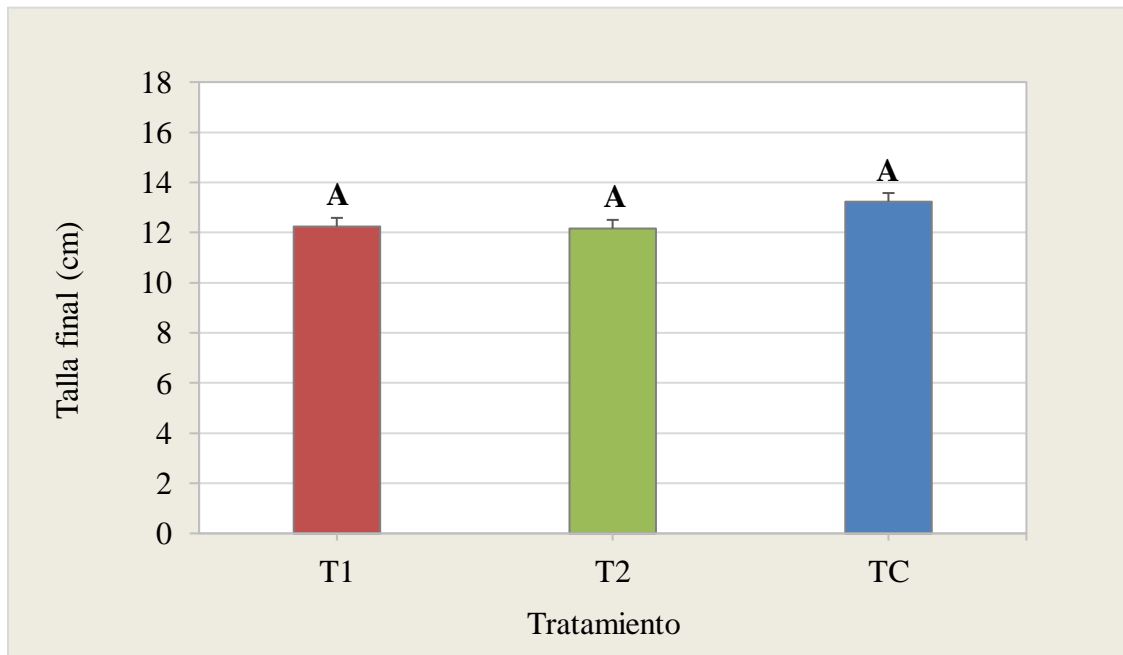
*Incremento de peso de *D. latifrons* bajo los diferentes tratamientos*



Asimismo, la longitud promedio en T1 alcanzó 12.24 cm, en T2 se obtuvo 12.16 cm y en TC, 13.23 cm con un incremento de longitud total de 0.19, 0.22 y 0.23 cm para T1, T2 y TC respectivamente. Estadísticamente, no existió una diferencia significativa entre las tallas promedio final de los diferentes tratamientos, el valor $p=0.96$ (Figura 7).

Figura 7

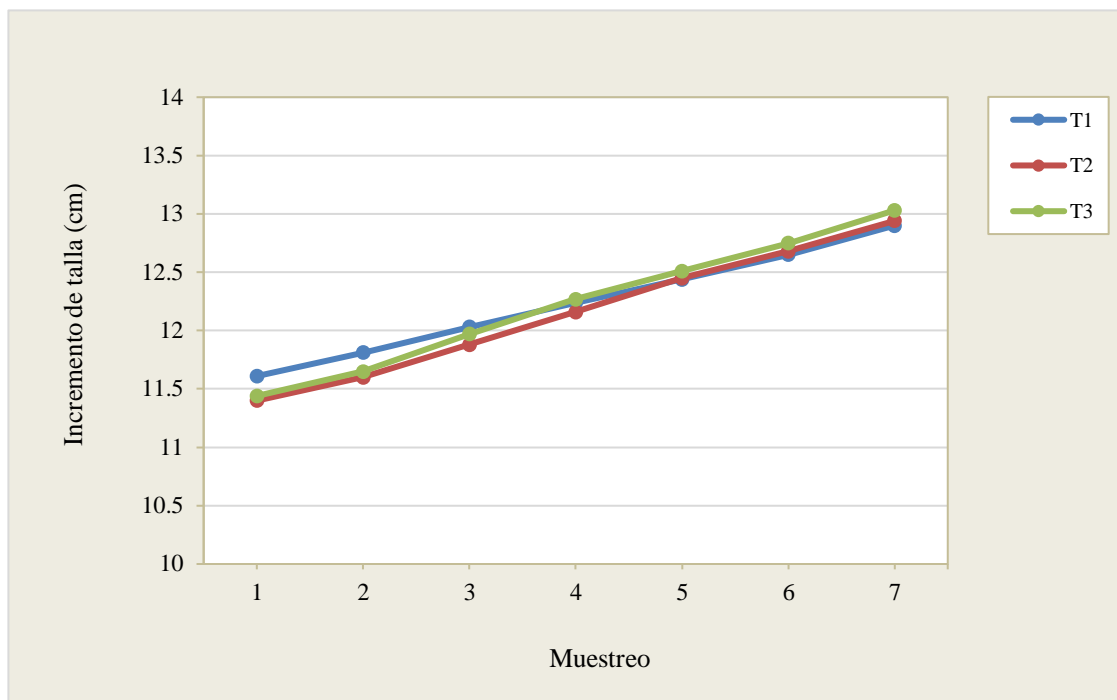
*Promedio final de longitud de *D. latifrons* bajo los diferentes tratamientos.*



En referencia al análisis estadístico, no existió diferencias significativas entre el incremento de talla de los diferentes tratamientos, valor $p = 0.702$, esto sugiere que las tres dietas implementadas influyen de manera similar en el desarrollo de la talla de los organismos (Figura 8).

Figura 8

Incremento de longitud de D. latifrons bajo los diferentes tratamientos.



8.1.3 Supervivencia de *D. latifrons*

En el T1 y el T2 inició con 12 organismos juveniles de *D. latifrons* y se registró una supervivencia del 92 %, con la pérdida de un individuo en cada tratamiento. Por el contrario, el TC mostró una supervivencia del 100 %. Estos resultados evidencian un buen nivel de supervivencia en general, siendo TC el tratamiento con mejor desempeño.

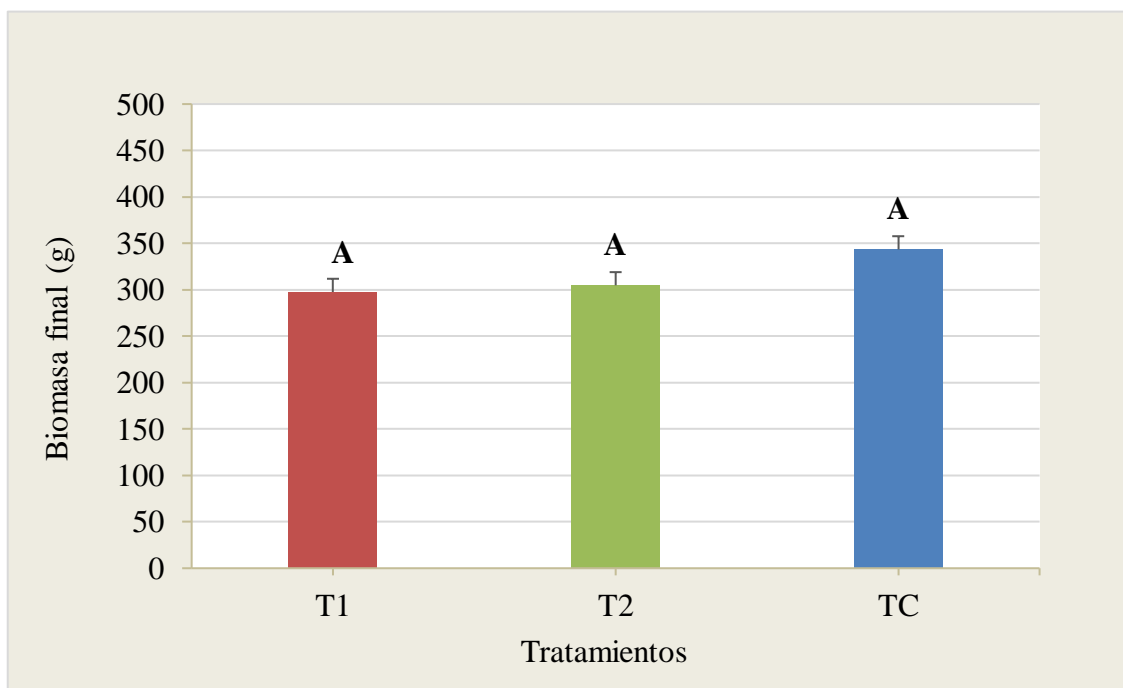
8.1.4 Biomasa

No existió diferencias significativas entre las medias de biomasa de los tres tratamientos, presentando un p valor = 0.322. Durante las diez semanas de experimentación se registró un incremento constante de la biomasa en todos los

tratamientos. El TC presentó el mayor aumento con 344 g, seguido por el T2 con 305 g y el T1 con 298 g. Este crecimiento progresivo indica que los peces lograron desarrollarse de manera continua a lo largo del tiempo, reflejando una adaptación aceptable a las dietas suministradas. Aunque se evidenció un aumento de biomasa, este parámetro por sí solo no refleja completamente la eficiencia del alimento.

Figura 9

Incremento de biomasa de D. latifrons bajo los diferentes tratamientos



8.1.5 Factor de conversión alimenticia

En lo que refiere al factor de conversión alimenticia, el valor $p=0.187$ indica que no existió una diferencia significativa entre los tres tratamientos. El TC presentó el menor valor de FCA (9.35:1), lo que indica que se necesitaron aproximadamente 9.34 g

de alimento para que los organismos aumentaran 1 g de biomasa. En comparación, el T1 y el T2 mostraron valores ligeramente superiores, con (9.51:1) y (9.64:1) respectivamente. A pesar de que las diferencias son pequeñas, el TC evidenció un mejor aprovechamiento del alimento suministrado.

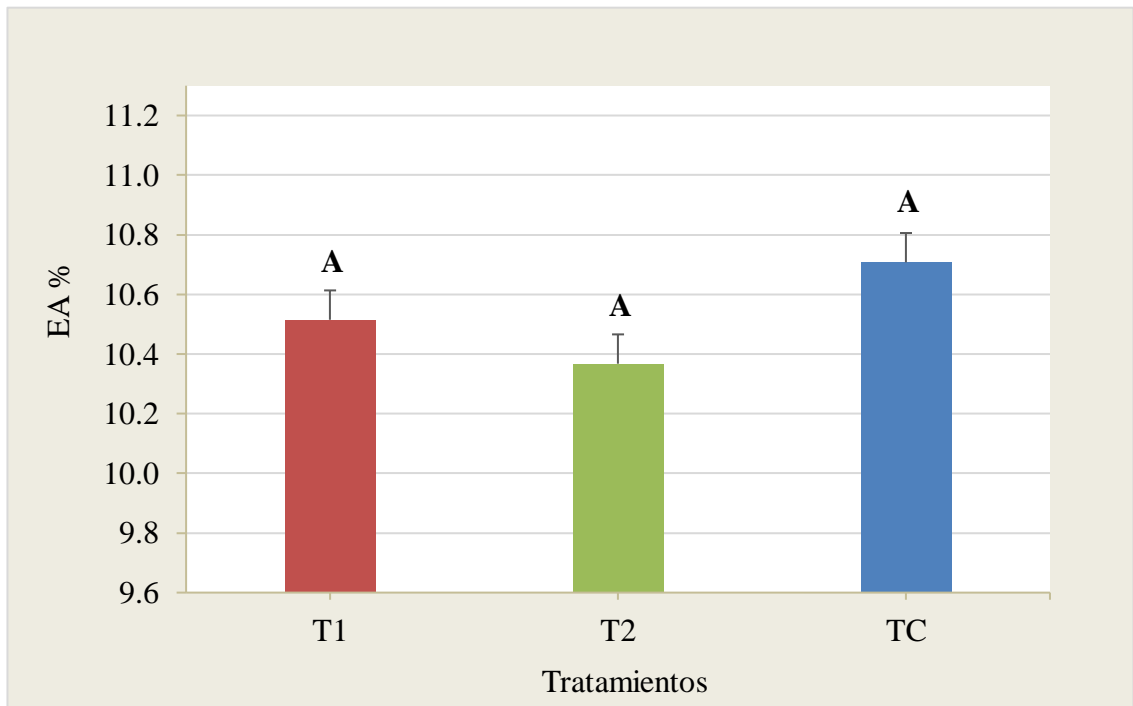
Los valores de conversión alimenticia fueron considerablemente superiores a los recomendados para peces de agua dulce (1.2 y 1.5). Lo que representa un nivel poco favorable, dado que implica un mayor gasto en la producción de alimento balanceado.

8.1.6 Eficiencia alimentaria

Los porcentajes obtenidos de IEA fueron 10.52%, 10.37% y 10.70%, para el T1, T2 y TC respectivamente. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, presentando un valor de $p = 0.149$. En consecuencia, se acepta H_0 , la inclusión de harina pluma de pollo hidrolizada en la dieta alimenticia de *D. latifrons* no mejora el incremento en peso de la especie, y se rechaza la H_1 . Esto indica que, la adición de harina de pluma de pollo no tuvo un efecto significativo sobre la eficiencia alimentaria de los organismos (Figura 10).

Figura 10

Índice de eficiencia alimentaria de los diferentes tratamientos.



Análisis bromatológico

El estudio proximal de las dietas experimentales (Tabla 4) mostró variaciones en la composición nutricional de acuerdo con el grado de incorporación de harina de pluma de pollo. La dieta de T1, con una proporción inferior de HPP, mostró el mayor porcentaje de proteína cruda (37.88%), seguida por la dieta T2 (34.49%) y la dieta TC (30.92%).

Estos valores exceden el mínimo requerimiento proteico reportado para *D. latifrons*, calculado en alrededor del 30–36%.

Tabla 4

Análisis proximal del alimento balanceado

Análisis proximal de las dietas experimentales				
Nutriente	T1	T2	TC	Requerimiento referencial
Proteína (%)	37.88	34.49	30.92	36
Grasas (%)	7.89	8.95	10.11	8
Fibra (%)	0.12	0.11	0.08	6.5
Cenizas (%)	8.63	8.56	8.40	< 20
Humedad (%)	6.68	7.12	7.70	5-10

Nota. La tabla presenta los hallazgos del estudio bromatológico efectuado a las dietas experimentales diseñadas con distintos grados de inclusión de harina de plumas. Los datos se presentan en términos porcentuales (%). Se tomó en cuenta el requerimiento referencial basándose en los rangos nutricionales sugeridos para los juveniles de *D. latifrons* de acuerdo con la literatura técnica.

Respecto al porcentaje de grasa, los valores fluctuaron entre el 7.89 y el 10.11%, todos cercanos o más altos que el valor de referencia (8%), lo que señala una adecuada disponibilidad de energía en las formulaciones. La fibra cruda en todas las dietas fue escasa (<0.15%), sin componer un elemento que limite el aprovechamiento de nutrientes.

Las cenizas variaban entre 8.40 y el 8.63%, cifras que se consideraron aceptables dentro del límite máximo reportado (<20%). Por último, los grados de humedad se encontraban dentro del margen ideal para la conservación (5–10%), garantizando la estabilidad del alimento durante su almacenaje.

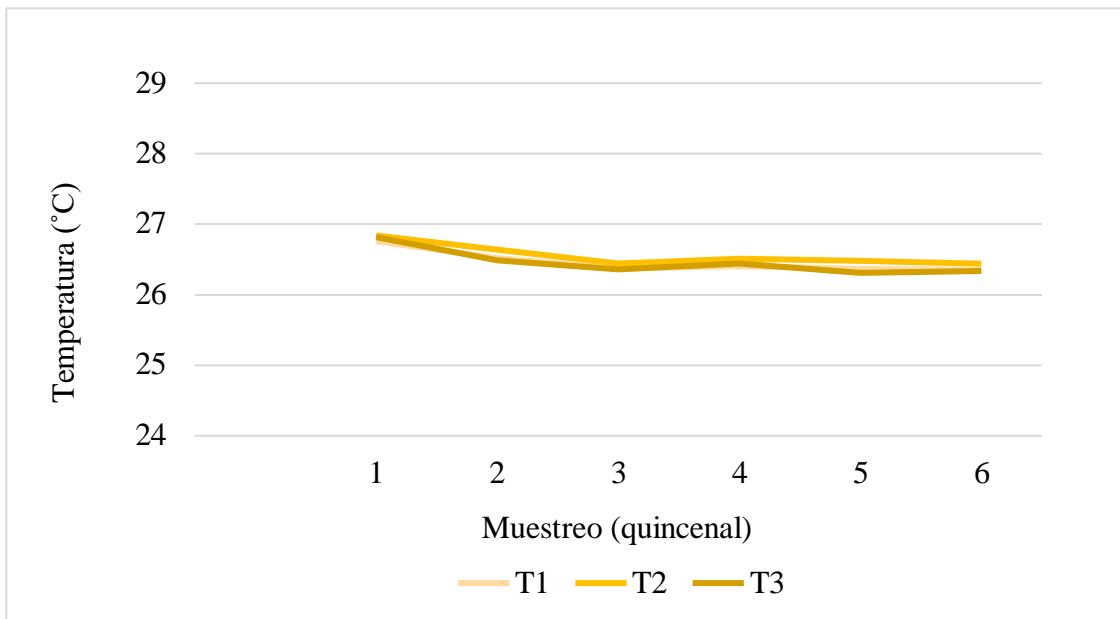
Los hallazgos indican que todas las preparaciones satisfacen los estándares nutricionales fundamentales para el crecimiento de *D.latifrons*. Sin embargo, existe una reducción gradual del contenido proteico a medida que se incrementa la inclusión de HPP.

Parámetros fisicoquímicos

Durante la fase experimental de 90 días, la temperatura del agua presentó una variación ligera entre tratamientos. En T1, se registró un promedio de 26.4 ± 0.30 °C, mientras que en T2 registró 26.4 ± 0.39 °C y en TC 26.3 ± 0.36 °C. Estos valores se mantuvieron dentro del rango considerado óptimo para especies de peces de agua cálida, como *D. latifrons*. La desviación estándar relativamente baja en todos los tratamientos refleja una estabilidad térmica adecuada en los sistemas de cultivo. Estudios similares en condiciones de cultivo controlado, como el de Badillo-Zapata et al. (2018), reportaron temperaturas promedio de 24 – 26.02 °C, valores concordantes con los observados en la presente investigación.

Figura 11

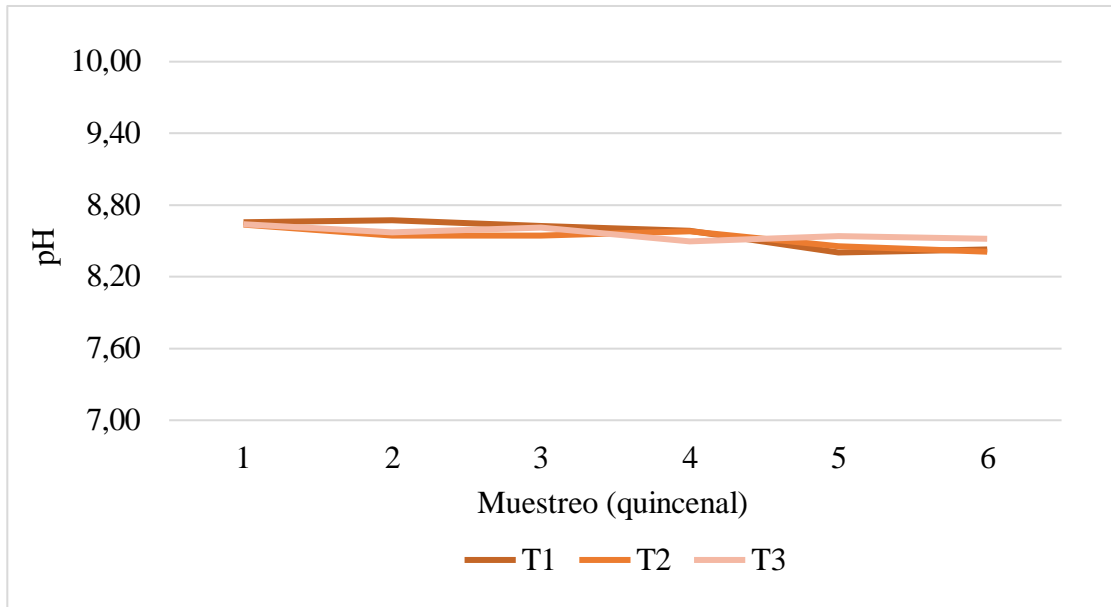
Rangos de temperatura de los tratamientos experimentales



Los valores de pH mostraron ligeras variaciones entre tratamientos y repeticiones, manteniéndose en un rango de 8.2 a 8.7. En T1 obtuvo un promedio de 8.5 ± 0.18 , en T2 de 8.5 ± 0.12 y en TC de 8.6 ± 0.06 estas cifras indican una condición ligeramente alcalina pero estable. Zambrano-Andrade et al. (2021) encontraron que los niveles de pH en sistema intensivo variaron de 7.5 y 8.5.

Figura 12

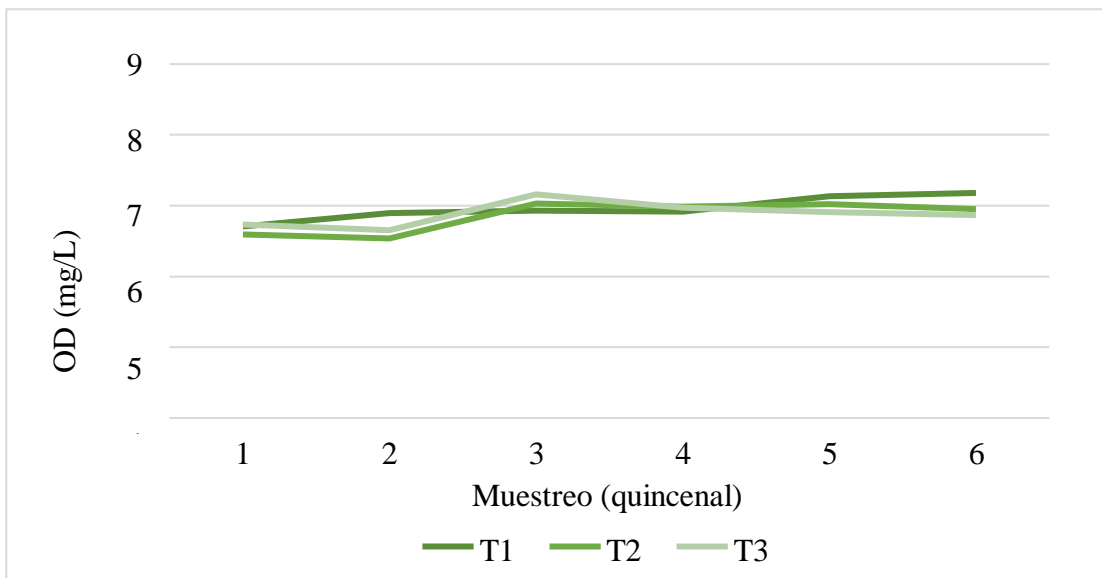
Rangos de pH de los tratamientos experimentales



El nivel de oxígeno mostró cierta variabilidad, pero en general se mantuvo dentro de los límites aceptables para peces de cultivo. En T1 presentó una concentración promedio de OD de 6.96 ± 0.17 mg/L, en T2 de 6.80 ± 0.32 mg/L y en TC de 7.03 ± 0.36 mg/L. De acuerdo con lo señalado por Cotera Perdomo (2021), concentraciones de oxígeno superiores a 4 mg/L son adecuadas para el desarrollo de estos peces, lo que concuerda con los resultados de este estudio.

Figura 13

Rangos de oxígeno disuelto de los tratamientos experimentales



Relación costo beneficio

La harina de plumas de pollo presenta una ventaja económica significativa frente a la harina de pescado. Considerando el porcentaje de proteína, el costo por kg de proteína pura es de aproximadamente \$3,00 en la harina de pescado frente a \$0,77 en la harina de plumas.

Tabla 4

Relación costo beneficio de materias primas

Característica	Harina de pescado	Harina de plumas de pollo
Costo por kg (USD)	1,80	0,50
% de proteína	60%	65–70%
Digestibilidad estimada	Alta	Media-alta
Costo por kg de proteína pura	3,00	0,77
Disponibilidad local	Limitada	Alta
Costo de producción adicional	Bajo	Medio

9. DISCUSIÓN

La elaboración del alimento balanceado con inclusión de harina de pluma de pollo hidrolizada en niveles del 50 y 75% de este ingrediente como fuente proteica en la dieta de *D. latifrons*, no afectó en la supervivencia de los peces durante el estudio. Este resultado coincide con lo reportado en investigaciones con otras especies acuícolas, donde se ha comprobado que la harina de pluma de pollo puede reemplazar parcialmente a la harina de pescado. Sin embargo, el alimento balanceado resultó no ser eficiente en el crecimiento de los peces.

Mustapha y Adeniyi (2022) implementaron dietas formuladas para *Clarias gariepinus* (Bagre de dientes afilados), reemplazando la harina de pescado por harina de plumas en niveles de inclusión del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, donde registraron que la ganancia de peso promedio, la tasa de crecimiento específico y el índice de eficiencia proteica fueron más altos en los peces alimentados con 0% (dieta control) y 25% de inclusión de harina de plumas, sin diferencias significativas entre ellos.

Campos et al. (2017) evaluaron el reemplazo de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la dieta de lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) durante un ensayo de 18 semanas, alcanzando un 12.5% de inclusión, lo que representó un 76% de sustitución de la harina de pescado, sin comprometer el consumo de alimento ni el

crecimiento de los peces, lo que evidencia el potencial de este subproducto como fuente proteica alternativa. Del mismo modo, Metin et al. (2024) reportaron resultados positivos al incluir hasta un 40% de harina de plumas hidrolizada en dietas para trucha arcoíris juvenil (*Oncorhynchus mykiss*), sin observar efectos negativos en crecimiento ni en la conversión alimenticia. No obstante, niveles superiores al 45% provocaron alteraciones en la morfología intestinal, lo cual resalta la importancia de establecer límites adecuados de inclusión que no comprometan la salud intestinal del pez.

El desempeño zootécnico evaluado a través del peso final, tasa de crecimiento específico y factor de conversión alimenticia mostró resultados consistentes con otros estudios. Yong et al. (2018) reportaron que dietas con 10% de HPP mejoraron significativamente el TCA y FCA en *Oreochromis niloticus* (*Tilapia de Nilo*), y que incluso sin harina de pescado, un 15% de HPP complementado con proteínas vegetales ofreció buen rendimiento. Bishop et al. (1996) y Chor et al. (2013) coinciden en que niveles cercanos al 10% no afectan negativamente el crecimiento, aunque en Chor et al. observaron disminuciones de rendimiento a niveles superiores al 19,71% de inclusión de harina de pluma en bagres.

Sin embargo, no todos los estudios han coincidido en los niveles óptimos de inclusión. Shimeno et al. (2000), al evaluar dietas con harina de plumas comercial en alevines de cola amarilla (*Seriola quinqueradiata*), encontraron que niveles por encima

del 10% redujeron el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la retención proteica, probablemente por su baja digestibilidad. A pesar de ello, con inclusiones menores al 10% no se detectaron diferencias significativas respecto a la dieta control, lo que sugiere que su aplicación debe ser cautelosa dependiendo de la especie, etapa de desarrollo, hábitos alimenticios, entre otros.

Hasan et al. (1997) determinaron que el reemplazo de proteína de harina de pescado por harina de plumas de ave hidrolizada en la alimentación de *Labeo rohita* mostró un desempeño aceptable hasta niveles del 50%. A partir de ese punto, el crecimiento disminuyó, siendo este porcentaje el más eficiente en términos de ganancia de peso lo que indica que el uso moderado de HPH puede ser viable sin afectar el rendimiento productivo.

Este estudio constó de tres tratamientos; T1 (50% HPP+50% HP), T2 (75% HPP+25% HP) y TC (100% HP) que después de 90 días, el TC señaló la mayor ganancia de peso y talla (56.16 g y 13.23 cm) respectivamente, en comparación con T1 (36.57g y 12.24 cm) y T2 (38.05g y 12.16 cm) definiendo que se puede sustituir hasta 75% de inclusión de HPP pero provocando un crecimiento lento en los organismos. Asimismo, Ramos y Rodríguez (2019) evaluaron el efecto de sustituir parcialmente la harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en dietas para juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), formularon tres tratamientos, T0

(100 % HP), T1 (80 % HP + 20 % HPP) y T2 (60 % HP + 40 % HPP), luego de 70 días el T1 presentó la mayor ganancia de peso (180.8 g), mayor talla final (28.08 cm) y la mejor conversión alimenticia (0.95), en comparación con T0 (157.9 g; 26.77 cm; 1.11) y T2 (147.9 g; 26.69 cm; 1.13) demostrando que una inclusión del 20% de HPP generó mejores resultados, sin afectar significativamente el incremento de peso frente al grupo control. Este resultado refuerza la hipótesis de que niveles moderados de HPP pueden mejorar el desempeño zootécnico si se equilibran adecuadamente los componentes nutricionales de la dieta.

La tasa de conversión alimenticia en el TC se registró un valor, con un valor elevado comparado con los estándares óptimos para especies similares en condiciones controladas. Investigaciones como las de Hasan et al. (1997) registraron valores de FCA de 2 en dietas con un 25% de reemplazo y de 2.12 en dieta control. Quimbiamba (2009) y Bastardo et al. (2005) obtuvieron el mejor resultado de FCA con la dieta control, con un valor de 2.15 y 3.7 respectivamente, coincidiendo con los resultados de esta investigación. En contraste con, Yanik. et al (2003) que sustituyó al 50%. Peters et al. (2004) con una dieta de 20% de sustitución y Keramat. et al (2014) con sustitución de harina de pescado al 33%.

Al finalizar el trabajo experimental se obtuvo una tasa de supervivencia alta y constante en todos los tratamientos, alcanzando el 100%. Yong et al. (2018) reportaron resultados similares en los tratamientos con inclusión del 10 y 15 % de HPP. Asimismo, Peters et al., (2004) señalaron que la supervivencia fue del 100% y del 98% para el tratamiento con dieta comercial. También, Barreto et al., (2016) registraron una supervivencia en los juveniles de trucha en un rango de 96-99%. De la misma manera, Quimbiamba, E. (2009) logró un índice de mortalidad de 1.2 y 1.9 % para la dieta con 50 y 30 % de sustitución de la harina de pescado respectivamente.

A pesar de que el TC presentó el menor contenido proteico (30.92%) en comparación con el T1 (37.88%) y el T2 (34.49%), se destacó por su mayor contenido lipídico (10.11%). De acuerdo con Zambrano-Andrade et al. (2021), señalaron que las dietas con mayor contenido lipídico pueden promover un crecimiento más acelerado, la dieta control presentó también el mayor contenido de grasa (16.86 %) y proteico (51%) lo cual podría explicar el mejor rendimiento en peso.

Diversos estudios coinciden en que es necesario seguir investigando fuentes proteicas tanto de origen animal como vegetal que permitan mejorar el perfil nutricional de las dietas acuícolas sin depender exclusivamente de la harina de pescado. La harina de plumas de pollo hidrolizada se presenta como una alternativa prometedora por su alto contenido proteico, pero su aplicación requiere ajustes nutricionales, como la suplementación con aminoácidos esenciales y una evaluación costo-beneficio. En este

contexto, es fundamental la búsqueda de ingredientes funcionales y sostenibles para la formulación de dietas que garanticen el crecimiento eficiente y el bienestar de especies como *D. latifrons* en sistemas acuícolas.

10. CONCLUSIONES

- El uso de harina de plumas de pollo en diferentes porcentajes de inclusión como fuente de proteína en el alimento balanceado registró un desarrollo lento en los peces, lo que sugiere que, bajo las condiciones experimentales, su eficiencia para promover el crecimiento fue limitada.
- La supervivencia registrada de *D. latifrons* fue alta y el crecimiento en peso fue relativamente lento y el FCA en los tratamientos experimentales fueron altos, lo que representa un incremento en los costos de producción y una menor rentabilidad para la piscicultura.
- La composición nutricional del alimento balanceado con la inclusión de diferentes porcentajes de harina de pluma de pollo registró un porcentaje de proteína aceptable para la alimentación en la etapa juvenil de *D. latifrons*.
- Las condiciones físico-químicas del agua durante el estudio se mantuvieron dentro de rangos ideales para la cría de *D. latifrons* en cautiverio, lo que garantizó un ambiente adecuado para evaluar los efectos de las dietas experimentales.

11. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo la fase experimental durante un tiempo más extenso. Esto facilitaría conocer resultados como crecimiento, nutrición y comportamiento en las diferentes etapas del desarrollo de *D. latifrons*.
- Se recomienda investigar el desarrollo de alimentos balanceados para especies acuícolas, empleando materias primas de origen animal como los subproductos avícolas disponibles en el país con el fin de reducir la dependencia de balanceados comerciales y fomentar opciones sostenibles para el sector acuícola.
- Promover la divulgación científica sobre la composición nutricional de *D. latifrons*, con el objetivo de impulsar su aceptación en el mercado, fomentar su consumo y fortalecer su aprovechamiento como recurso acuícola de importancia en el país.
- Evaluar la digestibilidad aparente in vivo mediante el análisis de consumo efectivo del alimento, observación del comportamiento alimenticio, presencia de desechos no ingeridos y análisis de heces, con el fin de conocer el porcentaje de nutrientes que sean aprovechados por *D. latifrons*.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Afolayan, M. O., & Afolayan, M. (2008). Nigeria Oriented Poultry Feed Formulation Software Requirements. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(11), 1596–1602. https://www.researchgate.net/publication/228652695_Nigeria_Oriented_Poultry_Feed_Formulation_Software_Requirements
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). (s. f.). Registro y certificado de Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados. Recuperado de <https://www.gob.ec/arcsa/tramites/registro-certificado-buenas-practicas-alimentos-procesados>
- Agualsaca Ormaza, J.G. (2014). *Adaptación de chame (*Dormitator latifrons* R.) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación*. (“Adaptación de chame (*Dormitator latifrons*) sometido a cautiverio”) [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9580>
- Agualsaca Ormaza, J. G. (2015). Artículo Científico - Adaptación de chame (*Dormitator Latifrons*) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación.
- Álvarez, R. (2010). Utilización de subproductos de mataderos avícolas en la alimentación de monogástricos. Artículo científico. Ministerio de Educación Superior. La Habana – Cuba. Disponible en www.sian.info.ve. 4 pág.
- Apaza Ticona, W. F., & Rodríguez Mamani, J. E. (2019). Plumas: Implicancia ambiental

y uso en la industria agropecuaria. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 311–320. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.480>

Arroba Cedeño, J. (2013). Alimentación del chame (*Dormitator Latifrons*) con bovinaza y balanceado para mejorar la productividad. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación Y Saberes*, 2(2), 59-64. Recuperado a partir de http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/43

Badillo-Zapata D., Borrell F.J., Vega-Villasante F., López-Huerta J.M., Herrera-Reséndiz S. S., Cueto-Cortés L., Guerrero-Galvan S.R.(2018). Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de alevines del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14): 345-351.

Bahiense, RN (2023, marzo). *La nutrición de los peces: aspectos generales*. [https://nutrinews.com/la-nutricion-de-los-peces-aspectos-generales/#:~:text=En%20general%2C%20los%20nutrientes%20que,de%20dietas%20comerciales%20\(piensos\)](https://nutrinews.com/la-nutricion-de-los-peces-aspectos-generales/#:~:text=En%20general%2C%20los%20nutrientes%20que,de%20dietas%20comerciales%20(piensos)).

Barreto, C., Parés, G., Correa, G., Durazo, E., Viana, M. (2016). Total and partial fishmeal substitution by poultry by – product meal (petfood grade) and enrichment with acid fish silage in aquafeeds for juveniles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 44, núm. 2, mayo, 2016, pp. 327-335. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

- Bastardo, H., Medina, A., Sofía, S. (2005). Evaluación de la sustitución total de harina de pescado por harina de lombriz en dietas para iniciador de trucha arcoíris. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Universidad de los Andes, Venezuela.
- Basto-Rosales, M. E. R., Rodríguez-Montes de Oca, G. A., Carrillo-Farnés, O., Álvarez-González, C. A., Badillo-Zapata, D., & Vega Villasante, F. (2019). Growth of *Dormitator latifrons* under different densities in concrete tanks. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2).
<https://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2657>
- Bishop, CD, Angus, RA y Watts, SA (1996). El uso de harina de plumas como sustituto de la harina de pescado en la dieta de alevines de *Oreochromis niloticus*. *Tecnología de biorrecursos*54(3): 291 – 295
- Borrell, S. (2020). *La harina de pescado como alimento en acuicultura. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura*.
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/la-harina-de-pescado-como-alimento-en-acuicultura/>
- Campos, I., Matos, E., Marques, A., & Valente, L. M. P. (2017). Hydrolyzed feather meal as a partial fishmeal replacement in diets for *Clarias gariepinus* juveniles. *Aquaculture*, 476, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.024>
- Chachapoya Rivas, D. L. (2013). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica

Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8927>

Chaparro, M. A. (2020). *Propuesta para el aprovechamiento de pluma en el desarrollo del proceso de obtención de harina de pluma hidrolizada*. [Diplomado de profundización para grado]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36905>

Chor, WK, Lim, LS y Rossita S. (2013). Evaluación de la harina de plumas como fuente de proteína dietética para alevines de bagre africano, *Clarias gariepinus*. *Revista de Ciencias Pesqueras y Acuáticas* 8: 697 – 705 Figueiredo-Silva, C., Lemme,

Contexto Ganadero. (2021, 27 de agosto). *3 métodos que usted puede aplicar para balancear raciones en su ganadería*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/3-metodos-que-usted-puede-aplicar-para-balancear-raciones-en-su-ganaderia>

Costello, D. (2023). *Completely randomized design: The one-factor approach*. ServiceScape Incorporated. Recuperado de <https://www.servicescape.com/blog/completely-randomized-design-the-one-factor-approach>

Cotera Perdomo, M.A. (2022). *Análisis de la producción del chame en el sector Pianguapí y su interacción con el sistema de manglar* [Tesis de grado, Escuela de Gestión Ambiental. Esmeraldas, Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/9ef41b49-1a3f-42ee-967c-c51665a3a17a>

EcoCostas. (2006). *Estudio de factibilidad para la implementación de un Centro de Capacitación para el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*) en el Estuario de*

Cojimés. Guayaquil, Ecuador [Archivo PDF].
file:///C:/Users/usuario/Downloads/silo.tips_ecocostas-diciembre-2006-
guayaquil-ecuador.pdf

Escoto j, Ramirez D. (2020) *Crecimiento del Popoyote (Dormitator latifrons) aplicando dos tipos de alimentos: Detritus vs alimento peletizado con 25% de proteína.* [Tesis grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/6008>

FAO; WHO. (2004). Código de prácticas sobre alimentación animal adecuada (CXC 54-2004; enm. 2008) [PDF]. FAO / Codex Alimentarius.
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B54-2004%252FCXC_054s.pdf

Fedegán. (2021, 27 de agosto). *3 métodos que usted puede aplicar para balancear raciones en su ganadería.* <https://www.fedegan.org.co/noticias/3-metodos-que-usted-puede-aplicar-para-balancear-raciones-en-su-ganaderia>

Flores, J. (2013, diciembre). *Formulación de raciones.* [Archivo PDF].
<https://fcvinta.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/04/flores-formulacion-de-raciones.pdf>

Flores-Nava, A., & Brown, A. (Eds.). (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."* ("Efecto de la densidad de siembra sobre el

crecimiento y parámetros ...”) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (“FAO - ONU México”)
<https://www.fao.org/4/i1773s/i1773s00.htm>

Florida Rofner, N. (2019). Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 231-232.
<https://doi.org/10.18271/ria.2019.480>

Freire Lascano, C. A. (2014). *Experiencias en el manejo del chame (Dormitator latifrons) en la cuenca del río Guayas, Ecuador*. Libros de la Universidad de Guayaquil. <https://libros.ug.edu.ec/index.php/editorial/catalog/book/7>

Fumero Álvarez, J., & Meza Baque, F. A. (2013). *Determinación de influencia de la salinidad en factores bióticos del chame (Dormitator latifrons) cultivado en cautiverio bajo condiciones controladas* [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <http://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/563>

Generalitat Valenciana. (2024, 20 de marzo). *La EDAR de Pinedo se transforma en una de las EDAR españolas que más energía sostenible genera*. <https://www.iagua.es/noticias/generalitat-valenciana/edar-pinedo-se-transforma-edar-espanolas-que-mas-energia-sostenible>

Gómez Sampedro, L. J., Noreña Mora, A. M., Gaviria, Y. S., & Zapata Montoya, J. E. (2022). Hidrólisis enzimática de proteínas de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con diferentes proteasas. *Publicaciones e Investigación*, 16(4).
<https://doi.org/10.22490/25394088.6502>

- González, F. (2020, 3 de mayo). *La rentabilidad en la acuicultura*.
<https://www.pisciculturaglobal.com/la-rentabilidad-en-la-acuicultura/>
- Gonzales, J. (2006). Empleo de ingredientes Proteicos Derivados de Animales No Rumiantes en Alimentos Acuícolas. Tercera Conferencia Internacional AquaSur 2006. EWOS Innovación. pp. 1-29.
- Hale, M. (2021, 12 de julio). *La hidrólisis térmica impulsa la producción de biogás*.
<https://www.aguasresiduales.info/expertos/tribuna-opinion/la-hidrolisis-termica-impulsa-la-produccion-de-bio-I75yx>
- HASAN M., HAQ M., DAS P., MOWLAH G. Aquaculture 151: 47-54, 1997.
- Haz Alvarado, M., & Arias Palacios, H. (2009). *Proyecto de producción y exportación del chame como nueva alternativa comercial del Ecuador* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/521>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (abril de 2020). Procesos de contrataciones [Documento PDF]. <https://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/i-Procesos-de-contrataciones.pdf>
- Jácome-Gómez, J. R., de la Cruz-Chicaiza, M., Salcán-Sánchez, E. J., Jácome-Gómez, L. R., & Martínez-Sotelo, M. C. (2021). Caracterización productiva del chame (*Dormitator latifrons*) bajo tratamientos de siembras sexados. *Dialnet*
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383560>
- Keramat, A., Shahsavari, M., Hedayatyfard, M. (2014) Full replacement of fishmeal by

poultry by - product meal in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972) diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 13(4)1069-1081 2014.

Loor Aiman, E. E. (2018). *Factores ecológicos y su incidencia en los ecosistemas del chame (*Dormitator latifrons*) en la Segua de Canuto, Cantón Chone - Ecuador* [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí].
<https://www.researchgate.net/publication/329870059>

López, M., Intriago Cool, M. E., Rodríguez, J., & Angón, E. (2015). *Caracterización del crecimiento del chame (*Dormitator latifrons*) en la etapa juvenil. Conservación de un recurso zoo genético endógeno como herramienta de desarrollo rural sostenible.* <https://www.researchgate.net/publication/287748371>

Machado, G. S., Correa, A. P. F., da Silva Pires, P. G., Marconatto, L., Brandelli, A., de Mello Kessler, A., & Trevizan, L. (2021). *Determination of the nutritional value of diet containing *Bacillus subtilis* hydrolyzed feather meal in adult dogs.* *Animals*, 11(12), 3553. <https://doi.org/10.3390/ani11123553>

Machuca C. y Rodríguez J. 2022. *Crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología Bio loc.* Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 87 pp.

Metin, Ö., Yildiz, M., Eldem, V. et al. *Efectos del uso de harina de plumas hidrolizada, aminoácidos y probióticos en la dieta de juveniles de trucha arcoíris sobre el crecimiento, la digestibilidad y la expresión de genes relacionados con el crecimiento.* *Aquacult Int* 32 , 9671–9693 (2024).

<https://doi.org/10.1007/s10499-024-01633-x>

Montenegro, C. M., & Vallejo Castillo, A. (2015). *Estudio del potencial acuícola del chame (Dormitator latifrons), en la vereda El Olivo, municipio de Arboleda Berruecos, departamento de Nariño, Colombia*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36602>

Mustapha, A. K., & Adeniyi, W. O. (2022). Replacement of fish meal with feather meal in the diet of *Clarias gariepinus*. *Pan-African Journal of Life Sciences*, 6(1), 49–58. <https://doi.org/10.36108/pajols/2202/60.0320>

Omidiora, E. O., Adegoke, B. O., & Aderounmu, G. A. (2013). Review of Livestock Feed Formulation Techniques. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 3(4). <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/5358>

Osejos Merino, M. A., Merino Conforme, M. V., Jaramillo Véliz, J. J., & Merino Conforme, M. C. (2018). Factores ecológicos y su incidencia en los ecosistemas del chame (*Dormitator latifrons*) en la Segua de Canuto, cantón Chone - Ecuador. *Ciencia Digital*. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i2.92>

Papadopoulos, M. C. (1985). Processed chicken feathers as feedstuff for poultry and swine: A review. *Agricultural Wastes*, 14(4), 275–290. [https://doi.org/10.1016/S0141-4607\(85\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0141-4607(85)80009-3)

Pastor Valles, F. A., Alzamora Llacsahuanga, A. M., Mendoza Espinoza, G., Monteza Timaná, D. A., & Rosales Quiroz, R. M. (2018). *Diseño del proceso productivo de harina a base de plumas de pollo en la empresa distribuidora avícola El*

Galpón E.I.R.L [Tesis de pregrado, Universidad de Piura].
<https://hdl.handle.net/11042/3616>

Peters, R. R., Rodríguez de Hernández, S., Hernández, J. L. R., Mejías, D. A., & León, A. E. N. (2004). Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis* sp. *CIENCIA*, 12(1), 13–24.

Piscicultura Ecosostenible Chireno. (2020). *¿Cómo calcular la ración diaria de alimento para mis tilapias?*
<https://www.pisciculturaecososteniblechireno.com/blog/entradas/como-calcular-la-ration-diaria-de-alimento-para-mis-tilapias>

Quimbiamba, E. (2009). Crecimiento y eficiencia alimentaria de truchas “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento, con sustitución parcial de alimento balanceado por sangre de bovinos, Cayambe – Ecuador 2008. Tesis previa la obtención del título de ingeniero agropecuario.

Ramírez-Alvarado, M., & Boza-Abarca, J. (2019, noviembre). *Evaluación de la reproducción inducida del pez *Dormitator latifrons* (Eleotridae) en cautiverio*. Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional.
<https://www.researchgate.net/publication/337800253>

Ramos Aldana, E. L., & Rodríguez Córdova, A. J. (2019). *Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración*

balanceada para “trucha arcoíris” (Oncorhynchus mykiss) en fase juvenil criadas en estanques rústicos. Lanchepampa-Morropón-Piura [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Frontera]. Repositorio UNF. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8429>

Regina. (s. f.). Procesos de elaboración de harinas de plumas [Manuscrito en línea]. Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/389710191/Procesos-de-Elaboracion-de-Harinas-de-Plumas>

Rodríguez Castro, L. B. (2022). *Respuesta bioproductiva de alevines de (Dormitator latifrons) alimentados con diferentes niveles de proteína en dietas balanceadas* [Tesis de ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/1f213588-ed98-4f52-a8f7-5bd754b38a40>

Roigé, O. (2022, 21 de enero). Estrategias innovadoras para reducir la harina de pescado y mejorar la sostenibilidad y la rentabilidad a través de la nutrición. *Panorama Acuícola Magazine*. <https://panoramaacuicola.com/2022/01/21/estrategias-innovadoras-para-reducir-la-harina-de-pescado-y-mejorar-la-sostenibilidad-y-la-rentabilidad-a-traves-de-la-nutricion/>

Rosero, R., Posada, S. L., & Ortiz, D. M. (2011). Programación lineal aplicada a la formulación de raciones para rumiantes. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 53-60. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072011000200006

Santamaría, A. (2021). *Balance de raciones método tanteo*.

<https://es.scribd.com/document/511186454/BALANCE-DE-RACIONES-METODO-TANTEO>

Sepúlveda Chaverra, J. D. (2024, 20 de agosto). *La revolución de la nutrición acuícola: de subproductos agroindustriales a bio-alimentos de alta calidad*.
<https://nutriaqua.com.co/la-revolucion-de-la-nutricion-acuicola/>

Shimeno, S., Matsumoto, M., Hosokawa, H., Masumoto, T., & Ukawa, M. (2000). Incorporación de harina de plumas en la dieta de alevines de cola amarilla. *Aquaculture Science*, 48(1), 99–104.
<https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.48.99>

Tesfaye, T., Sithole, B., & Ramjugernath, D (2018). Valorización de residuos de plumas de pollo: optimización de la descontaminación y pretratamiento con agentes blanqueadores mediante metodología de superficie de respuesta. *Química y Farmacia Sostenibles*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352554117300827?via%3Dihub>

Yance Flores, B.A. (2020). *Evaluación de harina de subproducto avícola en reemplazo de harina de pescado para dietas de inicio de paiche (Arapaima gigas)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/97f6298b-c355-4359-9cf2-08173bcb147c>

Yanik. et al. (2003). Replacing fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 55(3), 2003. pp 179-186.

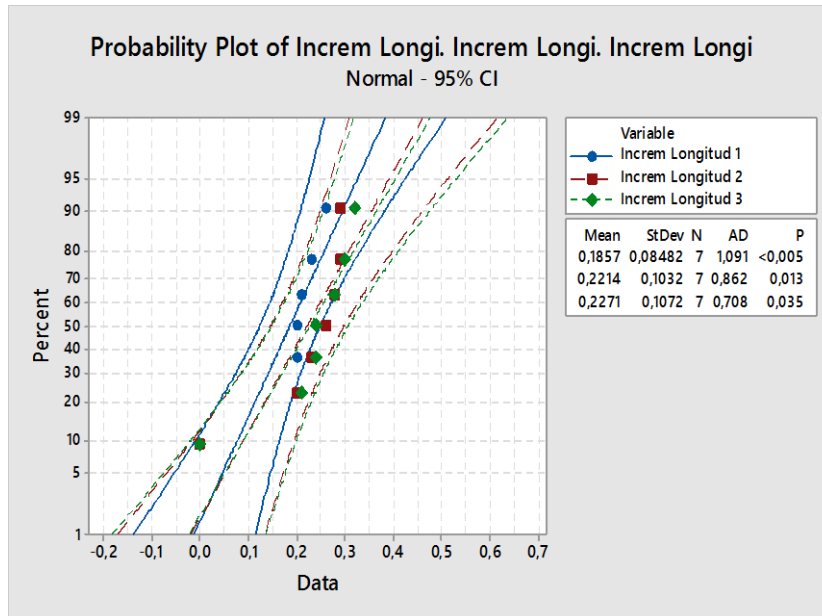
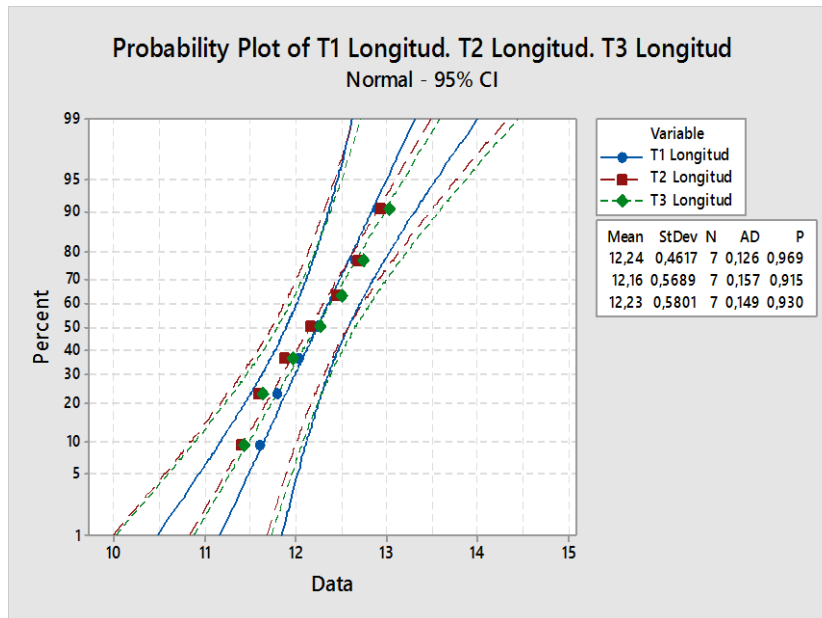
Yong, S. T., Mardhati, M., Farahiyah, I. J., Noraini, S., & Wong, H. K. (2018). Replacement of fishmeal in feather meal-based diet and its effects on tilapia growth performance and on water quality parameters. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 46(1), 47–55. Malaysia: Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI)

Zalapa Ríos, A. (2010). *Cuadrado de Pearson*.
https://www.engormix.com/ganaderia/formulacion-raciones-ganaderia/realidades-cuadrado-pearson-simple_a28454/

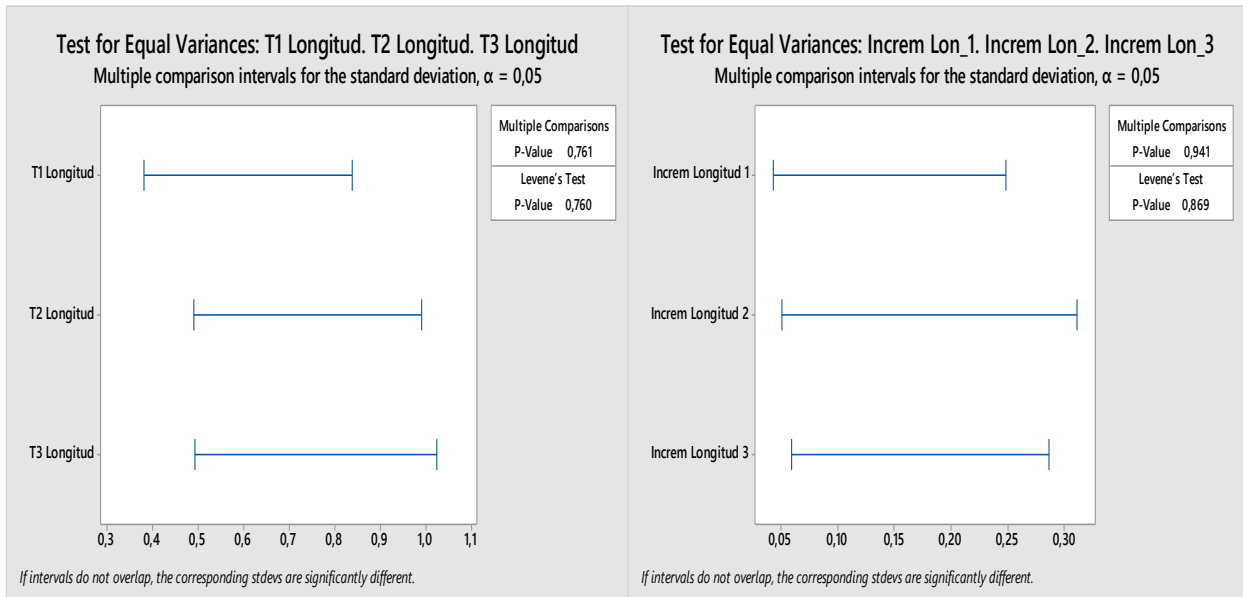
Zambrano-Andrade, V. H., Panta-Vélez, R. P., & Isea-León, F. (2021). Crecimiento y supervivencia de juveniles de chame *Dormitator latifrons* (Richardson 1844) alimentados con dietas a base de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L. 1753, Plantae: Euphorbiaceae). *AquaTechnica*, 3(3), 124-132.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5758242>

13. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad Anderson – Darling a los datos de longitud de *D.latifrons*.



Anexo 2. Prueba de homocedasticidad de varianzas de Levene de los datos de longitud



Anexo 3. Análisis por método Tukey para comparar datos de longitud.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	0,02647	0,01323	0,05	0,956
Error	18	5,24024	0,29112		
Total	20	5,26671			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,539560	0,50%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1 Longitud	7	12,240	0,462	(11,811. 12,668)
T2 Longitud	7	12,160	0,569	(11,732. 12,589)
T3 Longitud	7	12,230	0,580	(11,802. 12,659)

Pooled StDev = 0,539560

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T1 Longitud	7	12,240	A
T3 Longitud	7	12,230	A
T2 Longitud	7	12,160	A

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	0,007057	0,003529	0,36	0,702
Error	18	0,176000	0,009778		
Total	20	0,183057			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0988826	3,86%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Increm Longitud 1	7	0,1857	0,0848	(0,1072. 0,2642)
Increm Longitud 2	7	0,2214	0,1032	(0,1429. 0,2999)
Increm Longitud 3	7	0,2271	0,1072	(0,1486. 0,3057)

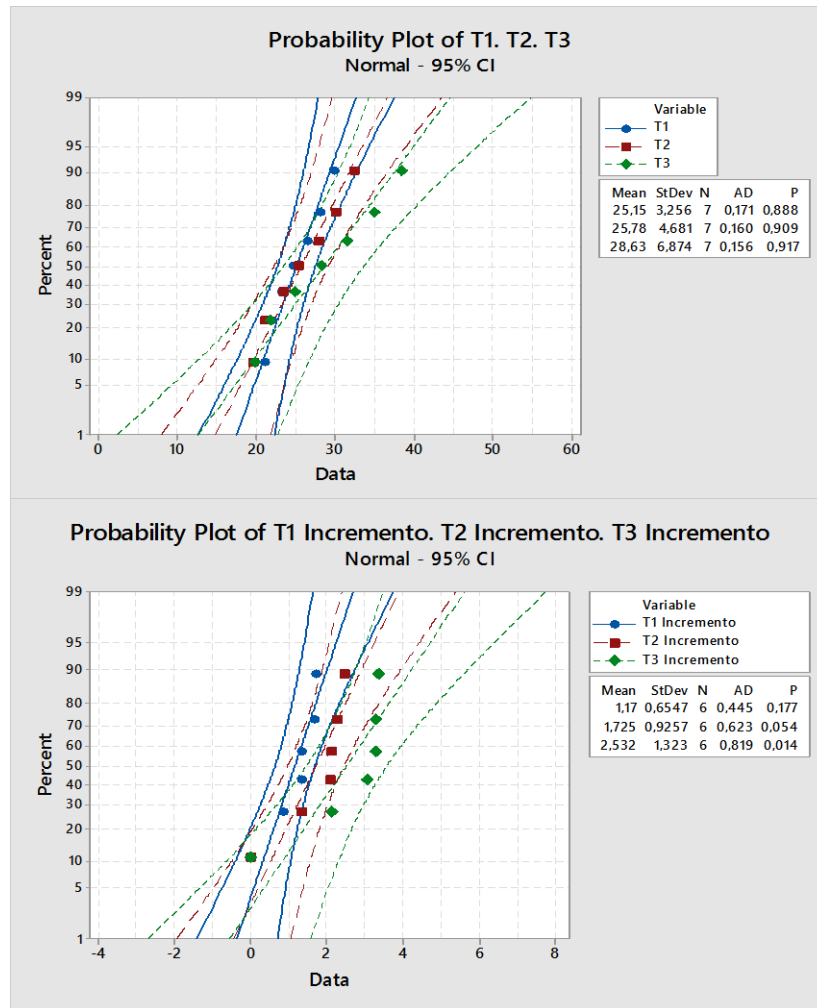
Pooled StDev = 0,0988826

Tukey Pairwise Comparisons

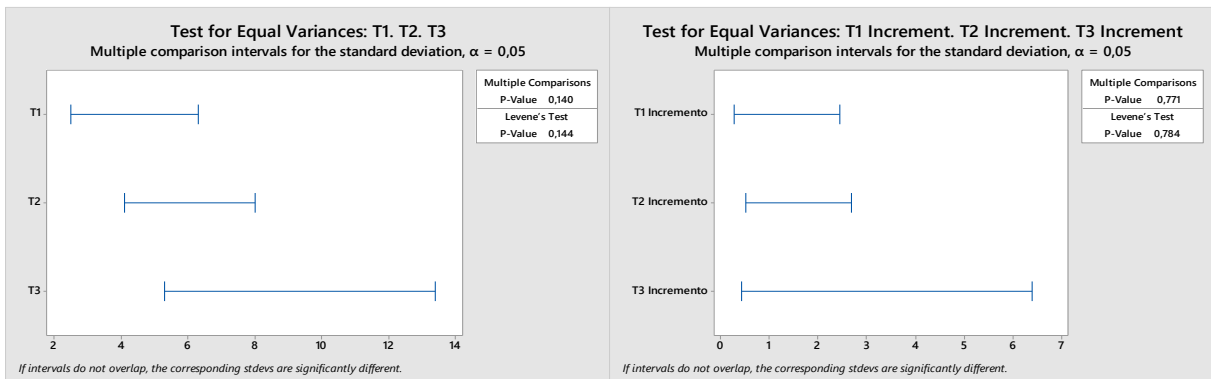
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Increm Longitud 3	7	0,2271	A
Increm Longitud 2	7	0,2214	A
Increm Longitud 1	7	0,1857	A

Anexo 5. Prueba de normalidad Anderson – Darling a los datos finales de peso de *D.latifrons*.



Anexo 4. Prueba de homocedasticidad de varianzas de Levene de los datos de peso.



Anexo 6. Análisis por método Tukey para comparar datos de peso

Analysis of Variance						Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	48,12	24,06	0,90	0,422	Factor	2	5,626	2,813	2,78	0,094
Error	18	478,59	26,59			Error	15	15,173	1,012		
Total	20	526,71				Total	17	20,799			

Model Summary				Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
5,15639	9,14%	0,00%	0,00%	1,00574	27,05%	17,32%	0,00%

Means					Means				
Factor	N	Mean	StDev	95% CI	Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1	7	25,15	3,26	(21,05. 29,24)	T1 Incremento	6	1,170	0,655	(0,295. 2,045)
T2	7	25,78	4,68	(21,68. 29,87)	T2 Incremento	6	1,725	0,926	(0,850. 2,600)
T3	7	28,63	6,87	(24,53. 32,72)	T3 Incremento	6	2,532	1,323	(1,657. 3,407)

Pooled StDev = 5,15639

Pooled StDev = 1,00574

Tukey Pairwise Comparisons				Tukey Pairwise Comparisons			
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence				Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
Factor	N	Mean	Grouping	Factor	N	Mean	Grouping
T3	7	28,63	A	T3 Incremento	6	2,532	A
T2	7	25,78	A	T2 Incremento	6	1,725	A
T1	7	25,15	A	T1 Incremento	6	1,170	A

Anexo 7. Tabla de alimentación para tilapias

% DE PROTEÍNA DEL ALIMENTO	PESO DEL PEZ (GR)	TAMANO DEL ALIMENTO (MM)	TEMPERATURA DEL AGUA °C						ALIMENTACIÓN DIARIA
			20°C	22°C	24°C	26°C	28°C	30°C	
			RACIÓN (% DE BIOMASA/DIA)						
40 - 45 %	<0.5	Triturado	4%	5%	6%	7%	7.5%	8%	12 Veces
	0.5-5	06-1 mm	3%	4%	4.5%	5%	5.5%	6%	8 Veces
38- 40 %	5-10	2 mm	2%	3%	3.5%	4%	4.5%	5%	6 Veces
	10-20	2 mm	1.8%	2.7%	3.1%	3.6%	4%	4.5%	
	20-50	2 mm	1.6%	2.2%	2.7%	3%	3.4%	4%	
30 - 34 %	50-75	5 mm	1.4%	1.9%	2.2%	2.4%	2.9%	3.1%	3 Veces
	75-110	5 mm	1.3%	1.6%	1.9%	2%	2.3%	3%	
	110-150	5 mm	1.1%	1.4%	1.6%	1.8%	2%	2.3%	
	150-200	5 mm	0.9%	1.2%	1.4%	1.6%	1.8%	2%	
24 - 30 %	200-250	5 mm	0.85%	1.15%	1.35%	1.55%	1.7	1.9%	2 Veces
	250-325	5 mm	0.8%	1.1%	1.3%	1.5%	1.65	1.8%	
	325-400	5 mm	0.75%	1.05%	1.25%	1.45%	1.6	1.7%	
	>400	5 mm	0.7%	1%	1.2%	1.4%	1.5	1.6%	

Fuente: (Piscicultura ecosostenible chireno, 2020)

Anexo 8. Registro de datos del peso promedio de *D. latifrons* en los diferentes tratamientos.

Muestreo	Peso final (g)		
	T1	T2	TC
1	21.17	19.78	19.81
2	22.03	21.14	21.94
3	23.39	23.42	25.03
4	24.75	25.53	28.39
5	26.49	28.00	31.69
6	28.19	30.11	35.00
7	30.02	32.46	38.53
Peso promedio	25.15	25.78	28.63
D. estándar	3.02	4.34	6.36
Organismos	12	11	11
Supervivencia	100%	92%	92%
Biomasa	301.8	283.58	314.93

Nota. La tabla muestra los promedios de peso por cada muestreo de los diferentes tratamientos, junto con el peso promedio, desviación estándar, número de organismos, supervivencia y biomasa durante los 90 días de experimentación.

Anexo 9. Registro de datos de longitud promedio de *D. latifrons* en los diferentes tratamientos

Muestreo	Longitud final (cm)		
	T1	T2	TC
1	11.61	11.40	11.44
2	11.81	11.60	11.65
3	12.03	11.88	11.97
4	12.24	12.16	12.27
5	12.44	12.45	12.51
6	12.65	12.68	12.75
7	12.90	12.94	13.03
Total	85.68	85.12	85.61
Longitud promedio	12.24	12.16	12.23

Anexo 10. Promedios de parámetros fisicoquímicos de cada tratamiento

Parámetros fisicoquímicos									
Quincena	T(°C)			pH			OD (mg/L)		
	T1	T2	TC	T1	T2	TC	T1	T2	TC
1	26,8	26,8	26,8	8,7	8,6	8,6	6,71	6,27	6,73
2	26,5	26,6	26,5	8,7	8,5	8,6	6,90	6,54	6,65
3	26,4	26,4	26,4	8,6	8,5	8,6	6,93	7,02	7,56
4	26,4	26,5	26,4	8,6	8,6	8,5	6,91	6,99	6,97
5	26,2	25,9	25,9	8,4	8,5	8,5	7,14	7,02	6,91
6	25,9	25,9	25,9	8,2	8,3	8,5	7,18	6,95	7,35
Promedio	26,4	26,4	26,3	8,5	8,5	8,6	6,96	6,80	7,03
V. Max	26,8	26,8	26,8	8,7	8,6	8,6	7,2	7,0	7,6
V. Min	25,9	25,9	25,9	8,2	8,3	8,5	6,7	6,3	6,7
D. E	0,30	0,39	0,36	0,18	0,12	0,06	0,17	0,32	0,36

Nota. La tabla presenta los promedios por muestreo de temperatura, pH y oxígeno disuelto de cada tratamiento, junto con su valor más alto, su valor más bajo y la desviación estándar.

Anexo 11. Siembra de juveniles de *D.latifrons*



Anexo 12. Diseño experimental



Anexo 13. Registro de datos de parámetros fisicoquímicos del agua.



Anexo 14. Biometría de juveniles de *D.latifrons*



Anexo 15. Elaboración de harina de pluma de pollo



Anexo 16. *Ingredientes para la formulación de alimento balanceado*



Anexo 17. Elaboración de alimento balanceado



Anexo 18. Muestras de alimento balanceado por tratamiento destinadas para análisis proximal.

