



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS  
DEL PATO DOMÉSTICO (*Anas platyrhynchos domesticus*)  
CON LA ADICIÓN DE AZOLLA (*Azolla spp.*) EN LA ETAPA  
DE CRECIMIENTO Y ENGORDE**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Joffre Fabian Prudente Panchana

**LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS  
DEL PATO DOMÉSTICO (*Anas platyrhynchos domesticus*)  
CON LA ADICIÓN DE AZOLLA (*Azolla spp.*) EN LA ETAPA  
DE CRECIMIENTO Y ENGORDE**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Joffre Fabian Prudente Panchana

**Tutor:** Ing. Segundo Manuel Shagñay Rea, MSc.

**LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025**

## **TRIBUNAL DE GRADO**

Trabajo de Integración Curricular presentado por **JOFFRE FABIAN PRUDENTE PANCHANA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 9/12/2025

---

Ing. Lenni Ramírez Flores, MSc.  
**DIRECTORA DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.  
**PROFESORA ESPECIALISTA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Segundo Shagñay Rea, MSc.  
**PROFESORA TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinos, PhD.  
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Washington Perero Vera, MSc.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO**  
**SECRETARIO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y amor a lo largo de este proceso. A todos mis amigos, por su comprensión y ánimo en los momentos difíciles y cruciales en esta carrera. A mis profesores en general, por su guía, conocimiento y constante motivación. Y a mis colegas, por su colaboración en cada detalle y compañía.

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios, por iluminar el camino y llenarme de fuerzas y sabiduría en momentos difíciles para lograr este objetivo en esta etapa de mi vida, a mi madre Lucia Panchana que siempre estuvo y sigue estando pendiente de cada paso que doy, a la memoria de mi padre el distinguido señor Oscar Prudente que me inspiró a una lucha constante para aprender de todo un poco, su legado vive en mí.

También quiero agradecer de corazón a mis amigos y compañeros, quienes con su apoyo ánimo y compañía hicieron este proceso más fácil

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la inclusión de Azolla como suplemento alimenticio en la dieta de patos domésticos (*Anas platyrhynchos domesticus*), con el propósito de mejorar su rendimiento productivo y promover una alimentación sostenible y de bajo costo. La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, utilizando un total de cuatro tratamientos: un grupo control (T0) sin adición de Azolla y tres tratamientos con niveles de inclusión del 15, 20 y 25% (T1, T2 y T3, respectivamente). Cada tratamiento fue evaluado durante ocho semanas, registrando variables productivas como peso corporal, longitud, altura y diámetro, así como el consumo y la conversión alimenticia.

Los resultados demostraron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) entre los tratamientos, observándose un mejor desempeño en los grupos con mayor porcentaje de Azolla, especialmente en el T3, que alcanzó los valores más altos en peso final (3.11 kg), longitud corporal (32.30 cm) y diámetro (27.80 cm). Asimismo, la conversión alimenticia mejoró notablemente en los tratamientos con suplementación, evidenciando una mayor eficiencia en el aprovechamiento del alimento.

Desde el punto de vista económico, el análisis de la relación beneficio/costo reveló que, aunque el costo de alimentación fue similar entre tratamientos, la inclusión de Azolla incrementó la rentabilidad, destacando el T3 con una relación B/C de 1.26. Estos resultados reflejan que la Azolla puede considerarse una alternativa viable para mejorar la productividad y reducir los costos de alimentación en sistemas avícolas, contribuyendo a una producción más sostenible y ecológica.

**Palabras clave:** Producción, Azolla, Ganancia de peso.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the inclusion of Azolla as a dietary supplement in the diet of domestic ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*), with the aim of improving their productive performance and promoting sustainable, low-cost feeding. The research was conducted using an experimental approach, with a total of four treatments: a control group (T0) without Azolla addition and three treatments with inclusion levels of 15%, 20%, and 25% (T1, T2, and T3, respectively). Each treatment was evaluated for eight weeks, recording production variables such as body weight, length, height, and diameter, as well as feed consumption and conversion.

The results showed significant differences ( $p < 0.0001$ ) between treatments, with better performance observed in the groups with a higher percentage of Azolla, especially in T3, which achieved the highest values in final weight (3.11 kg), body length (32.30 cm), and diameter (27.80 cm). Likewise, feed conversion improved significantly in the supplemented treatments, demonstrating greater efficiency in feed utilization.

From an economic standpoint, the benefit/cost analysis revealed that, although feed costs were similar across treatments, the inclusion of Azolla increased profitability, with T3 standing out with a B/C ratio of 1.26. These results show that Azolla can be considered a viable alternative for improving productivity and reducing feed costs in poultry systems, contributing to more sustainable and environmentally friendly production.

Keywords: Production, Azolla, Weight gain

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL PATO DOMÉSTICO** (*Anas platyrhynchos domesticus*) **CON LA ADICIÓN DE AZOLLA** (*Azolla spp.*) **en la etapa de crecimiento y engorde**” y elaborado por **Joffre Fabian Prudente Panchana**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### **Transferencia de derechos autorales.**

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

---

Firma del estudiante

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Problema Científico</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>2</b>
Objetivo General: .....	2
Objetivos Específicos: .....	2
<b>Hipótesis</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Generalidades de la azolla (Azolla spp.)</b> .....	<b>3</b>
1.1.1 Clasificación taxonómica de la Azolla spp. ....	3
1.1.2 Morfología de la Azolla spp. ....	3
1.1.3 Composición nutricional .....	4
1.1.4 Asociación simbiótica con cianobacterias (Anabaena Azollae). ....	4
<b>1.2 Bromatología de la azolla</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 Composición bromatológica general (en materia seca M-S) .....	4
1.2.2 Aminoácidos y minerales .....	5
1.2.3 Valor nutricional y usos. ....	5
<b>1.3 La Azolla (Azolla spp.) en la alimentación de aves</b> .....	<b>5</b>
1.3.1 Beneficios de la Azolla en la producción avícola .....	5
1.3.2 Aspectos sanitarios relacionados con el uso de Azolla .....	6
<b>1.4 Sostenibilidad y rentabilidad del uso de azolla</b> .....	<b>6</b>
1.4.1 Impacto ambiental positivo .....	6
1.4.2 Reducción de costos de alimentación .....	7
1.4.3 Impacto económico y ambiental de la adición de Azolla. ....	7
<b>1.5 Origen y domesticación del pato doméstico</b> .....	<b>7</b>
1.5.1 Clasificación taxonómica y características del pato doméstico. ....	8
1.5.2 Importancia del pato domestico en la avicultura Global y regional. ....	8
1.5.3 Producción y mercado de patos en Ecuador y en el mundo. ....	9
<b>1.6 Manejo de patos domésticos</b> .....	<b>9</b>
1.6.1 Calidad del pato doméstico y su rendimiento final .....	9
1.6.2 Recepción de los patos .....	9
1.6.3 Alimentación del pato domestico .....	10
<b>1.7 Nutrición en aves de corral: principios básicos</b> .....	<b>10</b>
1.7.1 Necesidades nutricionales .....	11
1.7.2 Etapas de desarrollo y requerimientos alimenticios .....	11
<b>1.8 Parámetros productivos en patos domésticos</b> .....	<b>12</b>
1.8.1 Consumo de alimento y ganancia de peso. ....	12
1.8.2 Conversión alimenticia. ....	13
1.8.3 Peso inicial y peso final. ....	13
1.8.4 Índice de eficiencia productiva del pato. ....	13
<b>1.9 Evaluación del efecto de la azolla en patos</b> .....	<b>14</b>
1.9.1 Influencia de la azolla en el crecimiento y engorde .....	14
1.9.2 Digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes. ....	14
1.9.3 Comparación de helechos acuáticos en la alimentación aviar. ....	15
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Caracterización del área de estudio</b> .....	<b>16</b>
2.1.1 Ubicación geográfica .....	16
<b>2.2 Materiales, equipos e insumos</b> .....	<b>16</b>

2.2.1	Materiales y herramientas de construcción.....	16
2.2.2	Materiales biológicos.....	17
2.2.3	Insumos de cuidado.....	17
2.2.4	Material de oficina y registro de datos.....	17
2.2.5	Material de campo para colecta de datos .....	17
<b>2.3</b>	<b>Manejo del experimento.....</b>	<b>18</b>
2.3.1	Duración del estudio .....	18
2.3.2	Adaptabilidad del galpón .....	18
2.3.3	Recepción y adaptación de los animales.....	18
2.3.4	Cronograma de actividades.....	18
2.3.5	Uso de la azolla.....	19
2.3.6	Alimento Balanceado: Contenido nutricional.....	19
<b>2.4</b>	<b>Parámetros productivos evaluados .....</b>	<b>20</b>
2.4.1	Ganancia de peso (kg).....	20
2.4.2	Consumo de alimento (g).....	20
2.4.3	Conversión alimenticia (kg).....	20
2.4.4	Diseño experimental .....	21
2.4.5	Beneficio costo B/C.....	21
2.4.6	Tratamientos .....	21
2.4.7	Delineamiento experimental .....	22
2.4.8	Grados de libertad .....	22
2.4.9	Análisis estadístico y prueba de significancia .....	22
2.4.10	Software y herramienta de análisis estadístico .....	23
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Comportamientos productivos durante la etapa de crecimiento .....</b>	<b>24</b>
3.1.1	Peso inicial (g) .....	24
3.1.2	Etapa final .....	24
3.1.3	Ganancia de peso .....	25
3.1.4	Conversión alimenticia .....	25
<b>3.2</b>	<b>Comportamientos productivos durante la etapa de engorde .....</b>	<b>26</b>
3.2.1	Etapa inicial .....	26
3.2.2	Etapa final .....	27
3.2.3	Ganancia de peso .....	27
3.2.4	Conversión alimenticia .....	28
<b>3.3</b>	<b>Comportamientos productivos en patos domésticos en la etapa total .....</b>	<b>28</b>
3.3.1	Peso inicial y peso final .....	28
3.3.2	Ganancia de peso .....	29
3.3.3	Conversión alimenticia .....	29
3.3.4	Relación beneficio Costo .....	30
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>31</b>
<b>Conclusiones.....</b>		<b>31</b>
<b>Recomendaciones.....</b>		<b>31</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>32</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>35</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación taxonómica de la Azolla spp.....	3
<b>Tabla 2</b>	Clasificación taxonómica del pato domestico .....	8
<b>Tabla 3</b>	Requerimiento nutricional del pato domestico.....	11
<b>Tabla 4.</b>	Actividades semanales.....	18
<b>Tabla 5</b>	Valores nutricionales en la etapa de crecimiento .....	19
<b>Tabla 6</b>	Valores nutricionales en la etapa de crecimiento .....	20
<b>Tabla 7</b>	Croquis experimental por tratamiento .....	21
<b>Tabla 8</b>	Delineamiento experimental.....	22
<b>Tabla 9</b>	Grados de libertad.....	22
<b>Tabla 10.</b>	Comportamientos productivos en la etapa inicial de crecimiento .....	24
<b>Tabla 11</b>	Comportamiento productivo en la etapa final de crecimiento.....	24
<b>Tabla 12.</b>	Comportamiento productivo en la etapa inicial de engorde .....	26
<b>Tabla 13</b>	Comportamiento productivos de los patos en la etapa final de engorde .....	27
<b>Tabla 14.</b>	Parámetros productivos en la etapa final .....	29
<b>Tabla 15.</b>	Costos de consumo de alimento .....	30
<b>Tabla 16.</b>	Relación de ingresos y egresos de los costos .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Imagen 1.</b> Ubicación geográfica del proyecto. ....	16
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Figura 1A.</b> Construcción del galpón.....	35
<b>Figura 2A.</b> Adaptabilidad del espacio .....	35
<b>Figura 3A.</b> Aceptación del alimento.....	36
<b>Figura 4A.</b> Recreación T1 .....	36
<b>Figura 5A.</b> Limpieza y desinfección del área .....	37
<b>Figura 6A.</b> Hidratación de los patos .....	37
<b>Figura 7A.</b> Recreación al aire libre.....	38
<b>Figura 8A.</b> Lesiones por picoteo .....	38
<b>Figura 9A.</b> Manipulación y revisión.....	39
<b>Figura 10A.</b> Recreación semana 6.....	39
<b>Figura 11A.</b> Implementación de piscina para recreación .....	40
<b>Figura 12A.</b> Monitoreo a los animales .....	40
<b>Figura 13A.</b> Secado natural del plumaje .....	41
<b>Figura 14A.</b> Control del pato por agresividad .....	41
<b>Figura 15A.</b> Recreación en piscina.....	42
<b>Figura 16A.</b> Manipulación por control.....	42

## INTRODUCCIÓN

La avicultura es la rama de la producción de aves, dedicada a la crianza y el mejoramiento de los patos (*Anas platyrhynchos domesticus*), constituye una alternativa para la alimentación humana. La producción de patos representa una actividad avícola en crecimiento debido a la alta demanda de carne como alternativa nutritiva para la alimentación humana. Sin embargo, uno de los principales desafíos en la avicultura es el costo de los insumos alimenticios, especialmente de las fuentes proteicas convencionales, cuyos precios irán incrementando significativamente los costos de producción (Sánchez et al., 2021).

Ante estas situaciones, es necesario hacer evaluaciones de los ingredientes alternativo que nos permitan las reducciones de costo sin afectar el rendimiento productivo. En este contexto la reducción de Azolla es una opción viable debido al crecimiento de manera rápida, disponibilidad en ambientes locales y elevado contenido de proteína, vitaminas y minerales estas características impulsan el interés para su inclusión en la dieta de los animales (Guillin, 2023).

Usar ingredientes naturales para la nutrición y de bajos costos la nutrición aviar puede mejorar la eficiencia productiva, especialmente cuando estos aportan nutrientes esenciales que favorecen la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Por ello, evaluar la incorporación de Azolla en dietas de patos domésticos resulta elevada para determinar su efecto sobre parámetros productivos clave y establecer proporciones adecuadas de inclusión (Suárez and González García, 1998).

Por este sentido, el objetivo del presente estudio es analizar el impacto de la adición de Azolla en la alimentación del pato doméstico, con el fin de identificar su potencial como una alternativa económica y sostenible en la producción avícola. En este punto de vista permitir información científica es punto clave para contribuir al desarrollo de prácticas agropecuarias eficiente y amigables con medio ambiente (Guiral , 2020).

## **Problema Científico**

¿Qué efecto tiene la incorporación de la Azolla (*Azollae spp.*) en la dieta de los patos domésticos (*Anas platyrhynchos domesticus*) sobre sus parámetros productivos, tales como el aumento de peso, la eficiencia alimentaria y bienestar general?

## **Objetivos**

### ***Objetivo General:***

- Evaluar los efectos en la alimentación de los patos domésticos (*Anas platyrhynchos domesticus*) con la adición de niveles la Azolla (*Azollae spp.*) durante la etapa de crecimiento y engorde como suplemento alimenticio en la dieta, con el fin de determinar su impacto en la ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento.

### ***Objetivos Específicos:***

1. Evaluar el efecto de diferentes niveles de adición de azolla sobre la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los patos domésticos.
2. Comparar los parámetros productivos entre el grupo control y los grupos suplementados con azolla para identificar diferencias significativas.
3. Calcular la rentabilidad y la relación beneficio-costos de la inclusión de azolla, con el fin de establecer su viabilidad económica como alternativa alimenticia.

## **Hipótesis**

Mediante la adición de la Azolla (*Azolla spp*) en la dieta del pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*) se tendrá un efecto positivo en sus parámetros productivos, obteniendo un aumento significativo en la ganancia de peso, mejorará la eficiencia alimenticia. Esto se contrastará con dietas tradicionales que se basan en granos y proteínas convencionales. Además, incluyendo así, mejoraría la rentabilidad de producción avícola al reducir los costos de alimentación, siempre y cuando se garantice la aceptación y se tenga un equilibrio de alimentación adecuada.

# CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Generalidades de la azolla (*Azolla spp.*).

La Azolla es un helecho acuático flotante que pertenece a la familia *Salviniaceae*, que se caracteriza por su crecimiento acelerado y capacidad para establecer una relación simbiótica con la cianobacteria *Anabaena azollae*, en la que la fijación de nitrógeno atmosférico aporta un importante valor nutritivo a la agricultura y al ecosistema. (Wagner, 1997).

Por medio de la simbiosis, la Azolla puede acumular altos niveles de proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una alternativa de alimentación animal y en biofertilizante natural (Lumpkin , 1982).

### 1.1.1 Clasificación taxonómica de la *Azolla spp.*

En la tabla 1 podemos observar detalladamente la taxonomía de la *Azolla spp* (Gonzalez, 2023).

**Tabla 1** Clasificación taxonómica de la *Azolla spp*

Clasificación	Nombre
Reino	<i>Plantae</i>
Phylum	<i>Pteridophyta</i>
Clase	<i>Filicopsida</i>
Orden	<i>Salviniales</i>
Familia	<i>Azollaceae</i>
Género	<i>Azolla</i>

### 1.1.2 Morfología de la *Azolla spp.*

Está formada por hojas diminutas bifoliadas que llegan a medir hasta 10 cm, con un color característico, cambiando a color rojo a púrpura al exponerlas al sol o por ser adultas, lo que hay una diferencia con las plantas jóvenes o las que se encuentran en lugares umbríos, teniendo una coloración verde pálido o azulado, el cultivo de *azolla spp* prefiere condiciones frías y semi sombreadas con un mejor desarrollo con alto contenido fosfórico, en el suelo y en el agua (Espinoza , 2019).

### **1.1.3 Composición nutricional**

La azolla es caracterizada por obtener un perfil nutricional de alto valor, lo que se convierte en una alternativa viable para la alimentación animal y enriquecimiento de suelos agrícolas, su composición varía según la especie, el ambiente y las condiciones de cultivo, generalmente se presentan un alto contenido de niveles de proteína cruda, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, por lo que también contiene compuestos bioactivos con propiedades beneficiosas, el contenido de proteína cruda de la azolla puede oscilar entre 19% y 30% en base seca en la cual supera a la gran cantidad de forrajes verdes convencionales (Alalade *et al.*, 2006).

### **1.1.4 Asociación simbiótica con cianobacterias (*Anabaena Azollae*).**

Una de las características de la Azolla es su capacidad de establecer una relación simbiótica con la cianobacteria *Anabaena Azollae*, la cual habita en las cavidades dorsales de sus hojas, en la cual resulta altamente eficiente en la fijación biológica de nitrógeno (N<sub>2</sub>), por lo cual, el nitrógeno atmosférico se convierte en formas asimilables (amonio y nitratos) que son utilizadas por la planta como por otros organismos en el ecosistema (Peters, 1989).

Mediante la simbiosis, la azolla fija entre 1,5 kg y 3 kg de nitrógeno/hectárea/día, lo que le hace un papel fundamental como biofertilizante en los sistemas agrícolas, específicamente en el cultivo de arroz en condiciones tropicales y subtropicales (Watanabe, 1992).

## **1.2 Bromatología de la azolla**

La Azolla es un alimento acuático muy nutritivo, rico en proteínas (25-35% en MS), fibras y minerales esenciales como nitrógeno (4-5%), con un alto potencial para la alimentación animal por su buen balance de aminoácidos (leucina, lisina, arginina) y fitoquímicos, funcionando como suplemento proteico y sustituto de la urea en la agricultura.

### **1.2.1 Composición bromatológica general (en materia seca M-S)**

- Proteína Bruta (PB): 25-35% (similar a la soja).
- Nitrógeno (N): 4-5%.
- Fibra (Fibra Cruda): 9.2% (variable).
- Fosforo (P): 0.49% - 1.29%.

- Calcio (Ca): 0.5% - 1.16%.
- Potasio (K): 1-2%.
- Magnesio (Mg): 0.5% - 0.25%.
- Hierro (Fe): 0.1 – 755.73 ppm.
- Humedad (MS): 96.8% en planta fresca, 6.5% en condiciones medias de crecimiento.

### **1.2.2 Aminoácidos y minerales.**

- Es una buena fuente de aminoácidos esenciales como leucina, lisina y arginina
- Contiene fitoquímicos, aminoácidos y ácido grasos valiosos.

### **1.2.3 Valor nutricional y usos.**

- Alimento para animales: excelente sustituto de proteínas en dietas de aves (pollos), peces, ganado vacuno y acuicultura, mejorando la rentabilidad y producción.
- Fertilizante: puede reemplazar completamente a la urea debido a su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico gracias a la bacteria anabaena simbiótica.
- Digestibilidad: tiene una alta digestibilidad de materia orgánica (80%) para rumiantes, aunque pueda variar con el nivel de inclusión.

## **1.3 La Azolla (*Azolla spp.*) en la alimentación de aves.**

La Azolla (*azolla spp*) es un helecho de agua donde su mayor labor es fijar nitrógeno del aire y lo guardan en sus hojas, tomando en cuenta esta característica, la convierte en un recurso valioso para la alimentación animal (Lumpkin , 1982). Este helecho es un alimento con alto contenido de proteína, vitaminas y minerales a diferencia de otros forrajes convencionales, por su rápido crecimiento y facilidad en un área pequeña, la azolla es un alimento para animales, donde podemos recomendar niveles de adición en la dieta de Azolla de menos del 15% en aves, ya que si se alimentan con mayor cantidad podría afectar la palatabilidad y digestibilidad de la ración (Wagner, 1997). Estas características las convierten en una opción prometedora para su inclusión en dietas avícolas, contribuyendo a la mejora de los parámetros productivos (Gonzales *et al.*, 2024).

### **1.3.1 Beneficios de la Azolla en la producción avícola**

Numerosos estudios han evaluado el efecto de la inclusión de *Azolla* en dietas para animales de granja, destacando beneficios tanto nutricionales como económicos. En aves de

corral, la *Azolla* se ha utilizado como suplemento proteico, logrando mejoras en la conversión alimenticia, el crecimiento corporal y la digestibilidad de nutrientes cuando se incluye en niveles moderados (10–20%) (Mokhtar *et al.*, 2020).

### ***1.3.2 Aspectos sanitarios relacionados con el uso de Azolla***

Usar la azolla como suplemento en la alimentación de aves, aporta nutrientes y tiene implicaciones sanitarias, ya que la azolla contiene compuestos bioactivos y metabólicos, por lo que ayuda y mejora la salud intestinal del ave al ejercer efectos antimicrobiano y antioxidante (Pilai *et al.*, 2005).

Uno de los aspectos más destacados de la azolla, al cultivarse de forma acuática, puede someterse a condiciones ambientales o patógenos, por lo que se pueden aplicar prácticas de manejo y bioseguridad durante su cosecha, y así se evita la acumulación de metales pesados o la proliferación de microorganismos dañinos para la salud de las aves (Singh *et al.*, 2017).

## **1.4 Sostenibilidad y rentabilidad del uso de azolla**

Usar azolla en sistemas agrícolas y pecuarios, es una estrategia sostenible y viable, debido a su bajo costo de producción, rápido crecimiento y capacidad para la aportación de nutrientes esenciales, la azolla, como un biofertilizante, mejora la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno y la incorporación de materia orgánica, lo que reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos y contribuye a la mitigación de impactos ambientales (Watanabe, 1992).

La azolla en cuanto en la alimentación animal, contribuye una fuente proteica de bajo costo, cultivándose en áreas reducidas y con mínimos insumos externos, la adición de azolla en la dieta de aves, cerdos y rumiantes disminuye los costos de alimentación, teniendo en cuenta que no afectara el rendimiento productivo, lo cual nos favorece la rentabilidad de las explotaciones pecuarias (Alalade, 2006). Si se aprovecha la azolla permitirá a los agricultores y productores pecuarios reducir gastos en fertilizantes y piensos comerciales, en lo que se puede mejorar las practicas agroecológicas sostenibles (Van Hove , 1989).

### ***1.4.1 Impacto ambiental positivo***

Debido a las características biológicas de la azolla, genera impactos positivos en cuanto a la producción animal y agrícola, ya que se establecen una asociación simbiótica con

la cianobacteria (*Anabaena Azollae*), lo que favorece al suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, reduciendo las necesidades de fertilizantes sintéticos, contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental derivada del exceso de uso agroquímico (Winstead, 2024).

La utilización de azolla en el lado pecuario, permite disminuir la presión sobre la producción de granos y soya como suplemento alimenticio, lo que reduce el uso de las tierras agrícolas y la deforestación, favoreciendo la seguridad alimentaria y la conservación de ecosistemas (PubMed, 2024).

#### **1.4.2 Reducción de costos de alimentación**

La azolla como insumo en la alimentación animal representa una alternativa económica en cuanto a los insumos convencionales, ya que la azolla es un producto de un elevado tasa de crecimiento y alta disponibilidad, lo que nos permite obtener biomasa de muy bajos costos, disminuyendo el consumo de soya y maíz, especialmente en la avicultura y ganadería pequeña escala (Khaengklang *et al.*, 2025).

#### **1.4.3 Impacto económico y ambiental de la adición de Azolla.**

Al incorporar azolla en la dieta del pato, nos representa una alternativa de bajo costo y un alto valor nutricional, teniendo un impacto directo en la reducción de los gastos de alimentación, lo que suelen presentar un alto porcentaje de costos totales de producción avícola (Leng *et al.*, 1995). Estos no requieren un exceso de insumos externos, tienen un desarrollo acelerado gracias a las aguas superficiales donde se las siembra, utilizando luz solar, nutrientes minerales y fijando nitrógeno atmosférico, convirtiéndose en una accesible alternativa para medianos y grandes productores (Van Hove, 1989).

### **1.5 Origen y domesticación del pato doméstico.**

El pato doméstico, científicamente conocido como (*Anas platyrhynchos domesticus*), es una subespecie domesticada del ánade real o silvestre (*Anas platyrhynchos*), originario del hemisferio norte. Su domesticación ocurrió hace aproximadamente 4.000 años en Asia, particularmente en China, donde existen registros arqueológicos que demuestran su crianza con fines alimenticios (Holderread, 2001).

Durante el proceso de domesticación, los seres humanos seleccionaron características como mayor tamaño corporal, docilidad, adaptación al encierro y una tasa de crecimiento

acelerada. Estas modificaciones dieron lugar a razas modernas especializadas para producción de carne o huevos, como el Pekín americano, Rouen, y el Aylesbury, entre otras (FAO, 2020). El pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*) conserva aún muchas de las características morfológicas del ánade real, pero con importantes mejoras productivas producto de la selección genética.

### 1.5.1 Clasificación taxonómica y características del pato doméstico.

El pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*) es una de las aves más difundidas a nivel mundial, su principal producción es para la producción de carne, huevos y, en algunos casos, plumas (Cherry, 2019).

Clasificación taxonómica del pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*) (Avibase, 2024).

**Tabla 2** Clasificación taxonómica del pato doméstico

Clasificación taxonomía del pato doméstico	
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Aves</i>
Orden	<i>Anseriformes</i>
Familia	<i>Anatidae</i>
Género	<i>Anas</i>
Especie	<i>Anas platyrhynchos</i>
Subespecie/doméstico	<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>

### 1.5.2 Importancia del pato doméstico en la avicultura Global y regional.

El pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*) es una de las aves más importantes en la industria avícola global debido a las capacidades de su producción de carne y huevos de alta calidad, se adapta rápidamente a diferentes ambientes y dietas donde lo hace ideal para estudios para mejorar la producción avícola (Sanchez, 2021).

A nivel mundial, la producción de pato doméstico ha ido ganando terreno debido a su capacidad para adaptarse a diversos sistemas de crianza, desde modelos familiares hasta sistemas semi-intensivos e intensivos. Se estima que más del 80% de la producción mundial de carne de pato proviene de Asia, siendo China el mayor productor y consumidor, seguido de países como Vietnam, Indonesia, India y Bangladesh (FAOSTAT, 2023).

### ***1.5.3 Producción y mercado de patos en Ecuador y en el mundo.***

La producción de carne de pato avanza cada día, en 2022, la supero las 6 068 757 toneladas, liderado por china, aportando el 79% del total mundial (Helgi Library, 2023). El mercado global de producción de patos a nivel mundial con 2,9 mil millones en 2023, con perspectiva de crecimiento hacia USD 4,98 mil millones para 2032, tasa anual de crecimiento con un 6,20% (Market Research Future, 2025).

En el Ecuador, la producción de patos (carne) demuestran tendencias bajas, en 2023 la producción es de aproximadamente 357 120 kg, lo que disminuye al 6,68 % comparado con el año anterior (Tridge, 2025). Ecuador implemento modelos integrados dentro de la producción, como son el uso de arroz en la crianza de patos, buscando aumentar la rentabilidad del sistema agrícola, promoviendo cambien el control de malezas e insectos en el cultivo de arroz, reduciendo la dependencia de agroquímicos que podrían afectar la salud del ave (Ecuador Times, 2019).

## **1.6 Manejo de patos domésticos**

### ***1.6.1 Calidad del pato doméstico y su rendimiento final***

La calidad del pato doméstico y su rendimiento final están relacionados con las condiciones de manejo en etapas de crecimiento y engorde, como son el alojamiento, densidad poblacional, la ventilación, acceso al agua y la calidad de la alimentación influyen directamente en la ganancia de peso, como el desarrollo corporal y la salud general de los patos manteniendo un diseño adecuado de las instalaciones lo que permite reducir el estrés, lo que mejora el consumo de alimento favoreciendo un crecimiento uniforme de las aves (Cherry *et al.*, 2020).

El rendimiento productivo de los patos tiene que ver con una gestión integral que ayude con las prácticas de manejo sanitario, nutricional y ambiental, una correcta planificación del manejo diario, incluido con una alimentación balanceada y un control de enfermedades, permitiendo mejorar la conversión alimenticia y alcanzar mayores pesos finales, lo que ayuda en una mayor rentabilidad del sistema productivo (Solís *et al.*, 2019).

### ***1.6.2 Recepción de los patos***

Los estudios experimentales con patos domésticos, los animales ingresan a la granja con dos semanas de edad, en la que aun en esa etapa son muy sensibles a distintos factores

de estrés asociados al transporte y al cambio de ambiente, por lo que representa una fase crítica para asegurar el bienestar animal y un adecuado desempeño productivo durante el periodo de crecimiento y engorde (Diez, 2020).

Los investigadores señalan que la movilización desde el lugar de origen hasta el lugar del experimento constituye un factor estresante, por lo que es recomendable realizar una recepción cuidadosa, evaluando el estado sanitario, el peso corporal inicial, teniendo un control adecuado donde disminuye la mortalidad y favorece una mejor respuesta productiva posterior (Quintana, 2020).

Generalmente, se sugieren condiciones ambientales para la recepción e patos en esta etapa:

- **Temperatura del aire:** varían del 26 a 28 °C, lo que mide la altura del pato en las áreas de comederos y bebederos.
- **Temperatura de la cama:** 24 y 26°C.
- **Humedad relativa:** 60 a 70|%.

### ***1.6.3 Alimentación del pato domestico***

La alimentación del pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*) debe garantizar un suministro manera correcta de agua, así como de nutrientes esenciales como energía, proteínas, minerales y vitaminas, con el fin de alcanzar un crecimiento optimo y un buen desempeño productivo, si una nutriciones deficiente provoca problemas sanitarios, disminuye una ganancia de peso y reduce la eficiencia alimenticia, generando pérdidas económicas significativas para el productor (Ravindran et al., 2020).

El contenido alimenticio suministrado de forma eficiente, teniendo su disponibilidad oportuna y evitando desperdiciar, si se gestiona de manera inadecuada podría afectar la calidad del alimento y disminuir su aprovechamiento de las aves, si se mantiene una correcta planificación del manejo alimenticio permitiendo mejorar la conversión alimenticia y optimizar los costos de producción en aves, donde también incluye la producción en patos (Adeola *et al.*, 2021).

## **1.7 Nutrición en aves de corral: principios básicos.**

Para garantizar un mejor y adecuado crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo, se constituye la nutrición como pilar fundamental, para una dieta equilibrada mediante los requerimientos de energía, proteína, vitaminas, minerales y agua, ya que

interactúan de forma conjunta en el proceso metabólico y fisiológico de las aves (Leeson , 2020).

### 1.7.1 Necesidades nutricionales

- **Energía:** Los carbohidratos y grasas son nutrientes esenciales con aporte energético en la dieta de los patos, ayudan a cubrir funciones de mantenimiento, locomoción y crecimiento. Si se lleva un mal control y nivel podría afectar negativamente la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Wang *et al.*, 2022).

- **Proteínas:** Para una buena formación de músculos, órganos, plumas y enzimas es necesario el uso de proteínas, en el caso de la lisina y metionina, son fundamental en su dieta durante la fase de engorde, una eficiencia proteica es ocasionada menor desarrollo corporal y una lenta madurez productiva (Sakomura *et al.*, 2021).

- **Vitaminas y minerales:** Para buen desarrollo de la visión, metabolismo de calcio y la función inmunológica en recomendable usar vitaminas liposolubles, en cuanto a los procesos enzimáticos y de crecimiento se considera a las vitaminas hidrosolubles, existen minerales indispensables para la formación ósea, la contracción muscular y el equilibrio electrolítico los cuales son el calcio, fósforo y sodio (Ravindran *et al.*, 2021).

- **Agua:** Es un de los nutrientes principales e importante ya que interviene en la digestión, transporte de nutrientes, regulación térmica y excreción de desechos por lo que también facilita la ingesta de alimentos y la búsqueda del mismo, los patos al ser aves acuáticas, presentan un alto requerimiento de agua limpia y fresca, cuya deficiencia reduce la productividad significativamente (Leeson , 2020).

**Tabla 3** Requerimiento nutricional del pato domestico

<b>Etapa</b>	<b>Energía (MJ/kg)</b>	<b>Proteína bruta (%)</b>	<b>Lisina total (%)</b>	<b>Metionina + Cistina (%)</b>
Iniciador	12.10 – 12.50	20 - 22	1.10 – 1.20	0.85 – 0.95
Crecimiento	12.60 – 13.00	18 - 20	0.95 – 1.05	0.75 – 0.85
Finalizador	13.00 – 13.40	16 - 18	0.80 – 0.90	0.65 – 0.75

### 1.7.2 Etapas de desarrollo y requerimientos alimenticios.

Se presentan diferentes necesidades nutricionales dependiendo su etapa de vida que son etapa inicial, crecimiento y la etapa de engorde donde la formulación de dietas tiene que

adaptarse a las diferentes fases para así optimizar el rendimiento y minimizar los costos (FAO , 2021).

- **Etapa inicial:** Esta etapa empieza a partir de las 0 semanas hasta la semana 3 donde se eleva la necesidad de proteína de un 20 a 22% y una energía moderada para que su desarrollo corporal sea rápido.
- **Etapa de crecimiento:** Para un buen crecimiento y favorecer la ganancia de peso debemos tener y controlar el equilibrio entre energía y proteína, este proceso corresponde entre la semana 4-7.
- **Etapa de engorde:** Se necesita un mayor aporte energético para la acumulación de tejido muscular y graso, con bajo nivel proteico de un 15-17%.

## **1.8 Parámetros productivos en patos domésticos.**

Los parámetros productivos en los patos nos ayudan con indicadores esenciales para la evaluación zootécnica mientras y durante la etapa de crecimiento y engorde, permitiéndonos determinar la eficiencia de nutrientes en cuanto a su conversión, aprovechando el alimento y la capacidad de los animales para transformar la dieta en masa corporal para su utilización, ya que los parámetros productivos sin una herramienta que es sumamente necesaria en cuanto a la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción avícola, en la que se cuentan con factores tomados como el peso, consumo alimenticio y su eficiencia (Rodríguez *et al.*, 2023).

### **1.8.1 Consumo de alimento y ganancia de peso.**

Consumir alimento es uno de los factores más importantes y que determinan el rendimiento productivo, ya que se representa la cantidad de nutrientes ingeridos para mantener las funciones vitales y promover su crecimiento, el consumo de alimento diario en patos de engorde varían entre 180 y 250 gr por ave, esto depende de la dieta y edad (Flores *et al.*, 2020).

Por otro lado, la ganancia de peso, se presentan que las hembras contienen un peso promedio por día, mientras que los machos alcanzan entre 54 y 58 gr, lo que nos da como mejor eficiencia y un mejor tamaño corporal y capacidad metabólica para llegar a convertir el alimento en biomasa (Moreno *et al.*, 2024).

### **1.8.2 Conversión alimenticia.**

Indicador que nos demuestra la relación entre la cantidad de alimento consumido y el peso corporal ganado por el ave, para calcular el valor total dividimos el alimento ingerido entre la ganancia de peso en el mismo periodo (Rodríguez *et al.*, 2023).

La conversión alimenticia con mejor cantidad nos indica que es un alimento eficiente, por lo que los valores elevados reflejan un mayor gasto energético, la conversión alimenticia en patos se promedia con un 2.8 y 3.2, dependiendo su edad, calidad del alimento y las condiciones de crianza, estos datos son importantes para evaluar la eficiencia productiva y costos de alimentación (Méndez, 2021).

### **1.8.3 Peso inicial y peso final.**

Si hablamos del peso inicial, el valor promedio representa el inicio del ensayo o etapa de cría, por lo que el peso final refleja el crecimiento alcanzado al término del periodo de engorde, estos parámetros determinan la ganancia total de peso y son un indicador del desarrollo corporal del pato, ya que presentan un crecimiento acelerado durante sus primeras semanas, donde se puede alcanzar un promedio final de 2,5 a 3.2 kg bajo a condiciones controladas (Méndez, 2021).

Estudios de (Serrano *et al.*, 2022) destacan que el peso final tiene relación con la calidad del alimento consumido durante la dieta y genética de las aves, esto varía dependiendo el alimento suministrado y el manejo del ambiente, una alimentación balanceada con adecuada proporción de proteína, energía y fibra garantiza un desarrollo uniforme y óptimo de los animales.

### **1.8.4 Índice de eficiencia productiva del pato.**

Parámetro que integra varios factores, como el peso final, conversión alimenticia, la viabilidad y la edad de sacrificio, con la finalidad de evaluar el rendimiento en un grupo de aves (Flores, 2020).

Calcular el índice de eficiencia productiva nos permite determinar el grado de eficiencia que alcanza durante el ciclo productivo, donde consideramos el rendimiento biológico como lo económico, esta es una herramienta para la comparación de resultados entre las diferentes dietas o condiciones de manejo, ya que nos facilita la toma de decisiones

impulsadas al mejoramiento productivo y sostenible del sistema avícola (Serrano *et al.*, 2022).

## **1.9 Evaluación del efecto de la azolla en patos**

La evaluación del efecto de la azolla ha demostrado un enorme interés dentro de la producción agrícola sostenible, debido a su potencial como fuente alternativa de proteína vegetal, ya que la azolla es un helecho acuático flotante permitiendo la fijación de nitrógeno atmosférico y aumentar su contenido proteico de manera natural, esto es gracias a la constancia simbiosis con la cianobacteria *Anabaena Azollae* (Pérez *et al.*, 2024).

(Rai *et al.*, 2025) Anuncia que la azolla puede incorporarse en dietas de aves acuáticas, sin afectar su desarrollo productivo, utilizando las proporciones adecuadas, presentando ventajas ambientales significativas en cuanto a su uso. Teniendo un alto contenido proteico, vitaminas y minerales contribuyen a su crecimiento, fortalecer el plumaje y conversión alimenticia (PubMed, 2024).

### **1.9.1 Influencia de la azolla en el crecimiento y engorde.**

La azolla como fuente de contenido proteico y sustituto parcial de proteína en la alimentación aviar, pueden mejorar el rendimiento producto y reducir los costos de alimentación (Rai *et al.*, 2025).

Si se incorpora un 15 % de azolla fresca en la dieta, contribuye un aprovechamiento del alimento, teniendo una conversión alimenticia más eficiente, ya que con su aportación de esencias naturales favorecen el desarrollo muscular y la salud general de las aves, por lo que es conveniente su uso en la etapa de crecimiento y engorde en los patos ya que constituye una alternativa sostenible y económica para pequeños y medianos productores (Hartati *et al.*, 2025).

### **1.9.2 Digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes.**

Aspecto clave determinante al valor nutricional en la alimentación animal, el contenido de proteína cruda de la azolla puede variar entre un 20 % y 30 % en base seca, convirtiéndose en un suplemento nutritivo, ya que su aprovechamiento va a depender de los factores como especies de azolla, como su manejo y aprovechamiento antes del consumo (Kour, R., *et al.*, 2024).

El previo proceso de la azolla, como el secado y molienda, puede influir su digestibilidad, ya que la azolla fresca contiene la mayor parte y disponibilidad de aminoácidos teniendo en cuenta la mejor digestión comparado con la azolla seca, al estar en reposo o con deshidratación permite una conservación más prolongada e integrarse en los alimentos balanceados (Jadhav *et al.*, 2024).

### **1.9.3 Comparación de helechos acuáticos en la alimentación aviar.**

Los helechos acuáticos poseen una gran capacidad de crecer con aceleración y acumular nutrientes y composición química, digestibilidad y efectos productivos, lo que se llega a una comparación de contenido proteico de *Lemna* y *Spirodela* con la azolla en pollos de engorde, lo que dio como resultado que la azolla tiene un perfil aminoacídico más equilibrado, exactamente en la lisina y metionina, lo que lo hace rico en nutrientes adecuado para aves (Demann *et al.*, 2023). Acotando a esto, al haber pigmentos naturales como la clorofila y los carotenoides en la azolla ayudan a mejorar la coloración del plumaje y el estado inmunológico (Jadhav *et al.*, 2024)

Por otro lado, la *Lemna minor* tiene una digestibilidad aceptable, con un contenido de fibra y baja concentración de ciertos minerales limitando su uso como fuente de proteína (Bekbolatov *et al.*, 2019). Si comparamos los distintos helechos acuáticos se puede evidenciar que la azolla tiene y presenta un mejor desempeño nutricional y productivo frente a otras especies flotantes, dándose a conocer como suplemento proteico eficiente y sostenible en la alimentación de aves acuáticas y domesticas (Verma *et al.*, 2024).

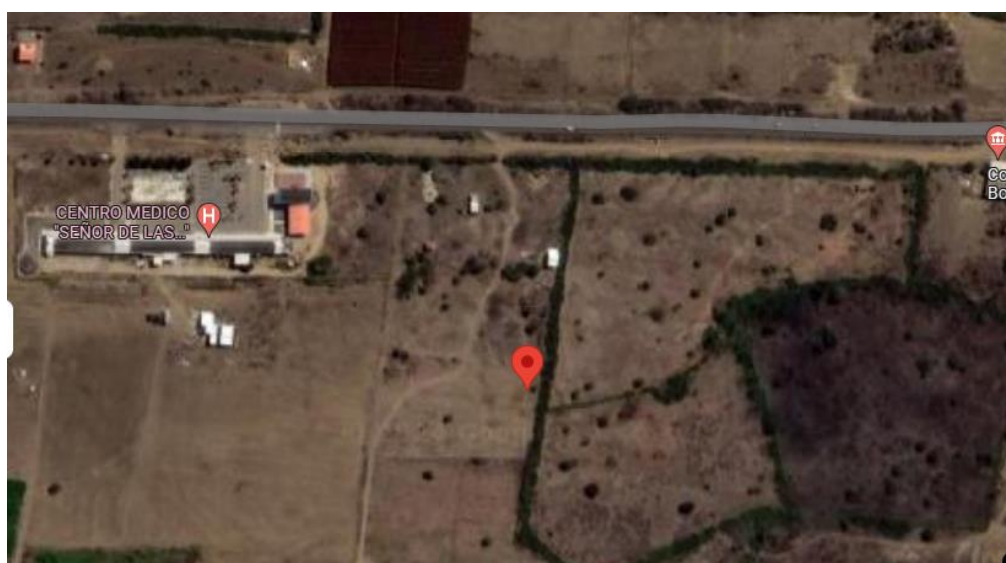
## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Caracterización del área de estudio

La evaluación del comportamiento productivo del pato doméstico (*Anas platyrhynchos domesticus*), alimentados con la adición de Azolla en la dieta se ejecutó en Colonche finca San Sebastián.

#### 2.1.1 Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas de la zona son: latitud sur 2°01'20.2", longitud oeste S 80°40'42.6", con una altitud de 4 msnm y su temperatura varía entre 27°C y 25°C en las épocas diciembre a enero.



*Imagen 1.* Ubicación geográfica del proyecto.

### 2.2 Materiales, equipos e insumos

#### 2.2.1 Materiales y herramientas de construcción

Para la construcción del galpón, necesitamos materiales accesibles, económicos y funcionales para su debida elaboración. Se requirió de pallet como base y paredes laterales los cuales nos sirvieron de protección para el área, donde se proporciona una adecuada ventilación natural. Se coloco malla para evitar posibles depredadores que habitan en el área, asegurando su seguridad.

Para la construcción del galpón se utilizaron diversos materiales y herramientas que permitieron adecuar un espacio seguro y funcional. Entre los materiales requeridos están:

alambre, plástico, clavos, viruta, martillo, pallets, lo que facilitaron tanto en la estructura como la protección del ambiente, garantizando condiciones óptimas para el desarrollo investigativo.

### **2.2.2 *Materiales biológicos***

Para este estudio se emplearon 40 patos domésticos de la raza criolla, con una edad inicial de 10 días de vida. Los patos se adquirieron a un productor local de confianza, con el fin de garantizar su buen estado de salud y la calidad genética necesaria para el desarrollo del experimento.

### **2.2.3 *Insumos de cuidado***

Para esta fase del experimento, se emplearon insumos esenciales que garantizaron un adecuado desarrollo de las aves, se utilizó también balanceado común como base de la dieta, complementando con Azolla como una alternativa nutricional sostenible.

Se administró electrolitos para el mantenimiento equilibrado de los animales, para desinfectar el área y prevenir cualquier tipo de infecciones se dispuso de alcohol etílico al 70% y yodo povidona para las heridas, se aplicó cal agrícola para el área de alojamiento, para un mejor ambiente y seguro.

### **2.2.4 *Material de oficina y registro de datos***

- Cuaderno
- Esferos
- Laptop

### **2.2.5 *Material de campo para colecta de datos***

En el presente estudio de investigación se utilizaron diferentes herramientas de medición, entre ellos son el termómetro ambiental en la que nos ayudó al registro de temperatura y la humedad dentro del galpón, así mismo se empleó una báscula para determinar el peso de los animales durante su crecimiento. Para evaluar las dimensiones corporales se recurrió a una cinta métrica flexible, utilizada en la medición de la longitud y el diámetro del cuerpo, y para su altura corporal requerimos del uso de una regla milimétrica.

## 2.3 Manejo del experimento

### 2.3.1 Duración del estudio

El experimento tuvo una duración de 7 meses en diferentes fases, donde se inició con la elaboración de la propuesta, repuntándolo posteriormente, continuando con la resolución de experimento en cuanto a la recolección de datos y así finalizar con el análisis y elaboración del informe.

### 2.3.2 Adaptabilidad del galpón

Para su adaptabilidad, primero realizamos una desinfección por toda el área del galpón, utilizando productos sanitarios de manera adecuada, para así eliminar cualquier posible agente patógeno, se requirió viruta como cama, lo que ayuda en la absorción de residuos, para el control de temperaturas, adquirimos focos calentadores, finalmente colocamos los bebederos y comederos para su correcta alimentación.

### 2.3.3 Recepción y adaptación de los animales

Los animales requeridos, se adquirieron con 15 días de vida, los 40 patos Muscovy, fueron ubicados en el galpón previamente acondicionado, se sometieron a sus primeros 7 días de adaptación que incluyo el monitoreo constante de las condiciones ambientales, como la temperatura y ventilación, se suministró agua fresca y alimento balanceado comercial, con la finalidad de establecer su correcto estado digestivo y la reducción de estrés ocasionado por el traslado.

### 2.3.4 Cronograma de actividades

**Tabla 4.** Actividades semanales

<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>
1	5:00 am	Alimentación e hidratación
	8:00 am	Monitoreo
	11:00 am	Agua
	14:00 pm	Porción de alimento
	18:00 pm	Alimentación e hidratación
3	5:00 am	Alimentación e hidratación
	8:00 am	Monitoreo, estado de salud

	13:00 am	Alimentación
	14:00 pm	Monitoreo, agua
	18:00 pm	alimentación
	20:00 pm	Monitoreo
7	6:00 am	Alimentación e hidratación
	10:00 am	monitoreo
	13:00 am	Toma de datos
	14:00 pm	Alimentación
	18:00 pm	Porción de alimento e hidratación
	20:00 pm	Monitoreo

### 2.3.5 *Uso de la azolla*

Para el uso de azolla (*Azolla* spp.), recolecte el material vegetal fresco que proviene de cuerpos de agua controlados, seleccionando plantas sanas, que sean libres de contaminación y residuos orgánicos. Luego, la azolla fue lavada con agua limpia para eliminar impurezas como son el lodo, algas y restos de otros organismos.

Estando seca, la azolla fue triturada manualmente hasta obtener un tamaño accesible y homogéneo, facilitando su incorporación en las dietas experimentales según los niveles establecidos en cada tratamiento. Para culminar, almacenamos la azolla procesada en recipientes limpios y herméticos, donde se mantengan protegidos con la humedad y la luz directa, para luego ser utilizada en la alimentación de los patos durante todo el proceso experimental.

### 2.3.6 *Alimento Balanceado: Contenido nutricional*

El alimento balanceado que suministramos durante el proceso de investigación presenta los valores nutricionales que corresponden a la etapa de crecimiento de los patos domésticos, detallados en la **Tabla 5**.

**Tabla 5** Valores nutricionales en la etapa de crecimiento

Nutriente	Min (%)	Max (%)
Humedad	–	12
Proteína cruda	21	–
Grasa cruda	–	10

Fibra cruda	–	5
-------------	---	---

Durante la etapa de engorde, los patos domésticos se alimentaron de balanceado favoreciendo un requerimiento nutricional ayudando en la ganancia de peso y la eficiencia productiva, esto lo demostramos en la **Tabla 6**.

**Tabla 6** Valores nutricionales en la etapa de crecimiento

Nutriente	Min. (%)	Max. (%)
Humedad	–	12
Proteína cruda	19	–
Grasa cruda	–	10
Fibra cruda	–	5

## 2.4 Parámetros productivos evaluados

### 2.4.1 Ganancia de peso (kg)

Para determinar la ganancia de peso final, apliqué la siguiente formula:

$$\text{Ganancia de peso final (kg)} = \text{Peso final (kg)} - \text{Peso Inicial (kg)}$$

Para una evaluación de ganancia de peso diario, me ayude de la formula siguiente:

$$\text{Ganancia media diaria (Kg)} = (\text{Peso semana actual} - \text{Peso semana anterior}) / \text{Días de}$$

la etapa

Para la obtención de una ganancia final utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Ganancia final} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Total días de la producción}$$

### 2.4.2 Consumo de alimento (g)

$$\text{Consumo de alimento} = \text{peso del alimento suministrado} - \text{peso de alimento sobrante.}$$

### 2.4.3 Conversión alimenticia (kg)

Para llegar al resultado de una conversión alimenticia utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \text{Consumo de Alimento Total} / \text{Ganancia de Peso Final}$$

- C.A.T: Consumo de alimento total
- G.P.F: Ganancia de peso final
- C.A: Conversión alimenticia

#### 2.4.4 *Diseño experimental*

Apliqué un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el que evalué la adición de azolla spp. en la dieta de los patos domésticos (*Anas Platyrhynchos domesticus*), en la que fue suministrada como complemento del alimento balanceado. Trabajé con cuatro tratamientos, donde incluí un tratamiento testigo (balanceado tradicional) y tres tratamientos con niveles de adición de azolla del 15%, 20% y 25%, en la que se utilizó tres repeticiones por unidad experimentales por tratamiento y 10 patos por unidad experimental, dando un total de 40 patos durante el estudio.

#### **Esquema del experimento:**

**Tabla 7** Croquis experimental por tratamiento

---

JAULA 2	JAULA 3
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2
Balanceado + 15% <i>azolla spp</i>	Balanceado + 20% <i>azolla spp</i>
JAULA 1	JAULA 4
TRATAMIENTO 0	TRATAMIENTO 3
Balanceado	Balanceado + 25% <i>azolla spp</i>

---

#### **Área útil:**

Se utilizo un área de 64m<sup>2</sup>, dividido en 16m<sup>2</sup> por jaula, cada uno con sus secciones por tratamientos, adecuadas para su cuidado con debido comederos y bebederos, manteniendo su higiene y espacio adecuado para su movilidad.

#### 2.4.5 *Beneficio costo B/C*

Para la obtención de beneficio costos totales sobre nuestro estudio con la adición de azolla en la dieta de los patos, se realizo la siguiente operación:

$$B/C = \text{Ingresos} / \text{Egresos}$$

#### 2.4.6 *Tratamientos*

Se consideraron 4 tratamientos con diferentes cantidades de azolla por cada 100 % de balanceado:

- **T0 (Testigo):** Balanceado comercial (tradicional)
- **T1:** 100% Balanceado + 15% *azolla spp*
- **T 2:** 100% Balanceado + 20% *azolla spp*
- **T 3:** 100% Balanceado + 25% *azolla spp*

#### 2.4.7 Delineamiento experimental

En delineamiento experimental se presenta en la **Tabla 8**.

**Tabla 8** Delineamiento experimental

Descripción	Valor
Diseño experimental	DCA
Tratamientos	4
Repeticiones	10
Total de unidades experimentales	40
Número de patos por unidad	1
Numero de patos por tratamiento	10
Numero de patos por experimento	40

#### 2.4.8 Grados de libertad

**Tabla 9** Grados de libertad

Fuentes de variación	GI
Total	79
Tratamiento	3
Repeticiones	20
Error	76

#### 2.4.9 Análisis estadístico y prueba de significancia

Los datos fueron tabulados y analizados para identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ , seguido de la prueba de Tukey para comparar los promedios. El procesamiento estadístico se realizó utilizando el software Infostat, versión 2017.

#### ***2.4.10 Software y herramienta de análisis estadístico***

Para los resultados experimentales se utilizó un enfoque estadístico InfoStat versión 2017 empleado para las investigaciones y evaluaciones agropecuarias en parámetros productivos, permitiendo el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias Tukey ( $p < 0.05$ ) con la finalidad de identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo lo complementamos con el uso de Microsoft Excel (versión 2021) para organizar los datos requeridos, generar gráficos descriptivos, lo que facilitó la interpretación de los resultados.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Comportamientos productivos durante la etapa de crecimiento

#### 3.1.1 *Peso inicial (g)*

Durante la etapa inicial, los animales fueron alimentados con un 100% de balanceado comercial (T0) donde mostraron un valor promedio de 0.20 kg, mientras que el resto de tratamiento (T1, T2, T3) fueron sometidos a una dieta estructurada de Azolla, presentando un peso inicial similar respectivamente, sin diferencia significativa ( $P = 0.0813$ ). Nos indica que esta fase los patos presentaron un peso homogéneo.

Según (Sanchez, 2019), pudo encontrar homogeneidad en el peso inicial de los patos en etapa de crecimiento bajo condiciones de control, lo que nos da igualdad a los valores obtenidos en nuestro estudio.

**Tabla 10.** Comportamientos productivos en la etapa inicial de crecimiento

Variable	T0	T1	T2	T3	EE	P- Valor
Peso Inicial (kg)	0.20 a	0.21 a	0.20 a	0.21 a	4.9	0.0813
Peso final (kg)	0.69 c	0.64 c	1.22 b	1.54 a	0.01	<0.0001
Consumo de alimento (g)	9.30 b	12.40 a	12.10 a	12.10 a	0.14	<0.0001
Ganancia de peso (g)	1.91 c	2.01 b	2.55 a	3.00 a	0.06	<0.0001
Conversión alimenticia (cm)	2.25 a	2.12 b	1.92 c	1.75 d	0.05	<0.05

E.E = Error Estándar.

P-valor < 0.05 = existe diferencia significativa.

#### 3.1.2 *Etapa final*

**Tabla 11** Comportamiento productivo en la etapa final de crecimiento

Variable(kg)	T0	T1	T2	T3	E. E	P-Valor
Peso final (kg)	0.69 c	0.64 c	1.22 b	1.54 a	0.01	<0.0001
Consumo de alimento (kg)	2.25 a	2.12 b	1.92 c	1.75 d	0.04	<0.05
Ganancia de peso (kg)	1.91 d	2.02 c	2.55 b	3.00 a	0.00	<0.0001
Conversión alimenticia	2.25 a	2.12 b	1.92 c	1.75 d	0.03	<0.05

E.E = Error Estándar.

P-valor < 0.05 = existe diferencia significativa.

En la etapa de peso final, se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre todos los tratamientos, teniendo un efecto positivo, donde el tratamiento T3 (25% Azolla) presento mayor promedio con 1.54 kg, como segundo valor el T2 (1,22 k), mientras que el T0 y el T1 alcanzaron promedios menores de 0.69 y 0.64 kg.

Gracias a un alto contenido proteico y a la buena digestibilidad de la azolla, nos ayuda y beneficia tanto en la eficiencia en la conversión alimenticia mejorando la ganancia de peso corporal.

(Sanchez, 2019) nos revela que el incremento significativo en el peso final de las aves alimentadas con suplementos proteicos, puede potenciar el rendimiento en aves domésticas en cuanto a su adición de forrajes acuáticos, por otro lado (Cordero, 2021) nos indica que a su vez si se excede podría generar efectos negativos, afectando a su desarrollo corporal.

### **3.1.3 Ganancia de peso**

En cuanto a la fase de crecimiento, los patos demostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, incluidos en la dieta. Los patos iniciaron la fase con un peso similar a los valores promedios de 0.20 kg en T0 y T2, y 0.21 kg en T1 y T3, lo que nos dio como resultado una homogeneidad inicial entre los tratamientos estudiados.

En la etapa final de crecimiento, el tratamiento T0 alcanzo un peso promedio de 0.69 kg, demostrando una ganancia de peso de 0.49 kg. Por su parte, el tratamiento T1 presento un peso final de 0.64 kg, con su ganancia de peso de 0.43 kg. Los tratamientos con mayor adición de azolla dieron como resultado en el T2 (1.22 kg) en el peso final, mientras que en su ganancia de peso fue de 1.02 kg, en el tratamiento T3 registro el mayor valor con 1.54 kg, lo que nos equivale a una ganancia de peso de 1.33 kg.

(Rahman et al., 2021) indicaron que al suplementar la azolla mejora el aprovechamiento nutricional y acelera el crecimiento de las aves, por otro lado (Sanchez, 2019) señala que el uso de forrajes acuáticos en dietas inicial contribuye a un mayor desarrollo y eficiencia productiva.

### **3.1.4 Conversión alimenticia**

Durante la etapa de crecimiento, presentada en la Tabla 10, se puede observar que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) ente todos los tratamientos evaluados, lo que se puede evidenciar una inclusión progresiva de *azolla spp.* en la dieta.

Por otro lado el tratamiento control T0 (100% balanceado) demostró una conversión alimenticia con un valor de 2.41 g, dando como resultando una eficiencia productiva en el aprovechamiento del alimento. El tratamiento T1 (15% azolla) nos represento con un valor de 2.34 g, en cuanto a la conversión alimenticia, mostrando una ligera mejora respecto al control.

Los tratamientos con mayor nivel de adición de azolla evidenciaron una mayor eficiencia alimenticia, en lo que el mejor resultado fue de 2.02 g, en el tratamiento T2 (20% azolla) mientras que en el T3 (25% azolla) alcanzo una conversión alimenticia de 1.87 g, en la que se requiere menos cantidad de alimento para producir un kilogramo de peso vivo.

Los resultados reportado por (Sood et al., 2023), señalaron que al incorporar azolla en la dieta avícola mejora la eficiencia de conversión alimenticia. Por otro lado (Reddy et al., 2021) indican que la inclusión de un 20 y 25 % genera una conversión mas eficiente, coincidiendo con los valores obtenidos en los tratamientos T2 y T3 de nuestro estudio investigativo.

### 3.2 Comportamientos productivos durante la etapa de engorde

#### 3.2.1 Etapa inicial

En cuanto a la etapa de engorde, nos reflejaron un incremento progresivo con respecto a su peso corporal durante las semanas evaluadas, mediante el consumo eficiente del alimento suministrado. Este estudio coincide con lo reportado por (Mendez et al, 2021), donde mencionan que durante la etapa final del crecimiento, los patos destinan la gran parte de su energía consumida del aumento en masa muscular y acumulación de grasa corporal.

**Tabla 12.** Comportamiento productivo en la etapa inicial de engorde

Variable	T0	T1	T2	T3	EE	P- Valor
Peso Inicial (kg)	0.69 c	0.64 c	1.22 b	1.54 a	0.01	<0.0001
Peso final (kg)	1.91 d	2.01 c	2.55 b	3.00 a	0.01	<0.0001
Ganancia de peso (kg)	1.22 d	1.37 c	1.33 b	1.46 a	0.02	<0.0001
Consumo de alimento (kg)	2.94	2.90	2.56	2.56	-	-
Conversión alimenticia (kg)	2.41	2.34	2.02	1.87	-	<0.05

Pudimos observar durante esta fase que, todos los tratamientos tienen sus inicios similares en cuanto a su peso, lo que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos y nos indica homogeneidad en el estado inicial de los animales.

(Rahman *et al.*, 2015) Anuncia que al adicionar azolla en la dieta, favorece la adaptación temprana del sistema digestivo, en lo que mejoraría el aprovechamiento de proteínas y minerales desde la etapa inicial de engorde.

### 3.2.2 *Etapa final*

Durante la etapa final de engorde, los animales demostraron un volumen significativo con respecto a su peso, los tratamientos alimentados con balanceado (T0) alcanzaron un peso promedio final de 1.91 kg, mientras que los tratamientos con adición mostraron valores elevados, en cuanto al tratamiento 1 represento un valor de 2.01 kg, seguido con 2.55 kg al tratamiento 2 y el tratamiento 3 con 3.00 kg, demostrando que el tratamiento con 25% de adición de azolla represento con mayor incremento en el peso corporal y una mayor eficiencia productiva.

**Tabla 13** Comportamiento productivos de los patos en la etapa final de engorde

Variable	T0	T1	T2	T3	E. E	P-Valor
Peso inicial (kg)	1.91 d	2.01 c	2.55 b	3.00 a	0.01	<0.0001
Peso final (kg)	1.91 d	2.01 c	2.55 b	3.00 a	0.01	<0.0001
Ganancia de peso (kg)	1.91 d	2.01 c	2.55 b	3.00 a	0.02	<0.0001
Consumo de alimento (kg)	4.30	4.26	4.90	5.25	-	-
Conversión alimenticia	2.25	2.12	1.092	1.75	-	<0.05

(Sultana *et al.*, 2017) Reportaron que la adición de azolla en la dieta de los patos Pekín mejora de forma significativa en cuanto a la ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia, esto se debe a su alto contenido de proteína cruda, lisina, metionina y minerales.

Por otro lado (Becerra *et al.*, 2020) indicaron que el uso de azolla, como un sustituto parcial del balanceado comercial, favorece la digestibilidad de los nutrientes y optimiza el proceso de engorde, estimulando el microbiota intestinal.

### 3.2.3 *Ganancia de peso*

Pudimos evidenciar una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ) entre todos los tratamientos evaluados, con una media de 2.37 kg, hay una diferencia positiva en cuanto a los tratamientos con adición de azolla comparado con el de control. Donde el tratamiento T3

con un 25% de azolla presentó una ganancia de peso mayor de 3.00 kg, seguido al T2 con 2.55 kg y el T1 con 2.01 kg, mientras que el tratamiento de control mostro un valor mínimo de 1.91 kg. Por lo tanto con si se suplementa azolla en la dieta, favorecerá la conversión alimenticia y promueve un mejor desarrollo corporal durante la etapa de engorde.

(Sood *et al*, 2012) Indican que la adición de azolla mejora la eficiencia y aumenta el peso corporal, sin afectar el consumo final de alimento. Esto coincide con lo reportado por (Reddy *et al.*, 2014) donde mencionan que los niveles de azolla de un 20% y 25% existen incrementos notables en cuando a la ganancia de peso y en la calidad de la canal.

### **3.2.4 Conversión alimenticia**

Esto se relaciona entre la cantidad de alimento consumido y la ganancia de peso, mostrando ganancias importantes entre tratamientos. En la tabla 7, nos indica diferencias significativas entre los tratamientos durante las 8 semanas lo que duro el experimento, los tratamientos con mayor inclusión de azolla (T2 y T3) (20% y 25%) que mostraron una mejor eficiencia en la conversión alimenticia en comparación con el tratamiento de control.

Durante la semana 4, el tratamiento T3, con un valor de 1.87 kg de alimento por cada peso ganado en cuanto a su conversión, siendo un resultado más eficiente que el de control, siendo más eficiente que T2 con un 2.02 kg de alimento por peso ganado, el T1 (2.34) y el de control T0 (2.41).

Finalizando la semana 8, los resultados con mayor eficiencia fue el T3, llegando a un 1.75 kg, seguido por T2 (1.92), T1 (2.12) y T0 (2.25), indicando que la adición progresiva de azolla mejora la utilización del alimento y un rápido crecimiento de los patos domésticos.

## **3.3 Comportamientos productivos en patos domésticos en la etapa total**

### **3.3.1 Peso inicial y peso final**

Durante todo el experimento, los patos domésticos mostraron un comportamiento productivo consistente con el aumento progresivo de su desarrollo corporal, iniciando con un peso promedio de 0.21, En la Tabla 8 estos resultados del análisis de varianza revelaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos, afectando positivamente en cuanto al rendimiento productivo de los patos.

Con respecto al peso corporal, el tratamiento T3 (25% de azolla) alcanzo un peso final promedio de 3,11 kg, continuando con T2 (20%) con un 2,72 kg, T1 (15%) con 2,21

kg, y el tratamiento testigo T0 con 2,06 kg, demostrando una relación directa entre la inclusión de azolla y el incremento de peso.

**Tabla 14.** Parámetros productivos en la etapa final

<b>Variable</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>EE</b>	<b>P- Valor</b>
Peso Inicial (kg)	0.20 a	0.21 a	0.20 a	0.21 a	0.0049	0.0813
Peso final (kg)	2.06 d	2.21 c	2.72 b	3.11 a	0.01	<0.0001
Ganancia de peso (kg)	1.91	2.01	2.55	3.00	0.02	<0.0001
Consumo de alimento (kg)	4.30	4.25	4.10	4.05	0.03	<0.05
Conversión alimenticia (kg)	2.25	2.12	1.92	1.75	0.04	<0.05

### 3.3.2 *Ganancia de peso*

En cuanto a la ganancia de peso demostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ) entre todos los tratamientos. En lo que va del tratamiento T3 presento una ganancia de peso elevado de 3.00 kg, siguiendo en valor de T2 con el 2.55 kg y T1 con 2.01 kg, lo que supera al tratamiento T0, que solamente resultó un valor de 1.91 kg. Lo que nos confirma que al suplementar asola nos ayuda al desarrollo corporal, lo que mejora el aprovechamiento de nutrientes y su rendimiento de producción en la etapa final.

(Sood et al., 2023) y (Reddy et al., 2021) nos indican que obtuvieron resultados similares, ya que los niveles de inclusión de azolla entre 20 y 25% generan incrementos significativos en la ganancia de peso vivo de las aves domésticas.

### 3.3.3 *Conversión alimenticia*

Pudimos evidencias diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. Nuestro mejor índice de conversión lo obtuvimos en le tratamiento T 3, con un valor de 1.75, lo que sigue el T2 con un valor de 1.92 y el T1 con 2.12, y el T0 nos dio un resultado menos eficiente con el 2.25. Nos indicaron que a mayor inclusión de azolla se puede utilizar mejor el alimento.

(Sultana et al., 2017) y (Becerra et al., 2020) relatan que mejora la digestibilidad, contenido proteico y un perfil aminoacídico de la azolla, optimiza una conversión alimenticia en aves incluido los patos domésticos.

### 3.3.4 Relación beneficio Costo

Realizamos un análisis económico para evaluar la rentabilidad de cada tratamiento por lo que la inversión de alimento de balanceado comercial y azolla fueron de 220 USD, proporcionado por el balanceado con un valor de 55 USD por tratamiento, se calculó el costo proporcional para el balanceado y azolla 10.60 USD, en cuanto a los costos de alimentación, mientras que la azolla se adicione como suplemento nutritivo con un valor no tan representativo de 16.65 USD por tratamiento.

Aunque todos los tratamientos tuvieron el mismo costo en balanceado, los tratamientos con adición de azolla (T1, T2 y T3) mostraron un mayor rendimiento productivo, evidenciado por los mayores pesos finales y dimensiones corporales de los patos.

**Tabla 15.** Costos de consumo de alimento

<b>Alimento suministrado</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>Total</b>
Balanceado común (\$)	55 \$	55 \$	55 \$	55 \$	220 \$
Patos	25\$	25\$	25\$	25\$	100\$
Servicios básicos	7\$	7\$	7\$	7\$	28\$
Instalaciones	5.25\$	5.25\$	5.25\$	5.25\$	21\$
Mano de obra	0\$	0\$	0\$	0\$	0\$
Transporte	2\$	2\$	2\$	2\$	8\$
Azolla	2.65\$	2.65\$	2.65\$	2.65\$	10.60\$
Total de egresos	96.90\$	96.90\$	96.90\$	96.90\$	387.60\$

**Tabla 16.** Relación de ingresos y egresos de los costos

<b>Tratamiento</b>	<b>Egresos (\$)</b>	<b>Ingresos (\$)</b>	<b>Rel. B/C</b>
T0	96.90\$	108	1.11
T1 (15%)	96.90\$	114	1.17
T2 (20%)	96.90\$	122	1.25
T3 (25%)	96.90\$	130	1.33

(Peso, 2025) Realizó un análisis de prefactibilidad sobre la producción de balanceado a partir de *Azolla*, y se encontró que dicha alternativa permitió una reducción del 40 % en los costos de insumos frente a los alimentos convencionales, con un VAN de USD 34.750 y un ROI del 18,3 %.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### ***Conclusiones***

- Se determinó que al incorporar la Azolla en la dieta de los patos domésticos mejoró la conversión alimenticia, específicamente en los tratamientos con 20% y 25%, aprovechando de mejor forma los nutrientes del alimento, requiriendo menor cantidad para ganar peso.
- El análisis económico evidenció que la inclusión de Azolla en la alimentación resultó viable y rentable. Aun teniendo el mismo costo de balanceado entre tratamientos, el grupo con 25% de Azolla obtuvo una mayor ganancia, reflejada en una relación beneficio-costos de 1.33.
- Los estudios demostraron diferencias significativas entre el grupo control y los tratamientos con Azolla en los parámetros productivos evaluados. Los tratamientos con suplementación mostraron mayores pesos finales y mejor desarrollo corporal.

### ***Recomendaciones***

- Se recomienda continuar y mejorar las investigaciones que evalúen la inclusión de diferentes porcentajes de Azolla en la dieta de patos domésticos, en las que se pueden considerar otras etapas productivas como la reproducción o el engorde final, para determinar su efecto integral en el rendimiento zootécnico.
- Es recomendable fomentar la difusión de los resultados entre productores y estudiantes del área agrícola, promoviendo el uso de alternativas ecológicas y de bajo costo como la Azolla, que contribuyen a la reducción de gastos de alimentación y a la sostenibilidad ambiental.
- Finalmente, realizar comparaciones entre la Azolla y otros forrajes acuáticos o suplementos naturales, con el fin de identificar combinaciones que maximicen la conversión alimenticia y la rentabilidad económica del sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeola, O., & Cowieson, A. J. (2021). Board-invited review: Opportunities and challenges in poultry nutrition. *Journal of Animal Science*, 99(3), skab015. <https://doi.org/10.1093/jas/skab015>
- Avibase. (2024). *Anas platyrhynchos* [var. *domesticus*]. Recuperado de <https://www.avibase.bsc-eoc.org/species.jsp?avibaseid=07FFC1E5643AE054>
- Becerra, M., Preston, T. R., & Ogle, B. (2020). Evaluation of Azolla (*Azolla filiculoides*) as feed supplement for ducks in small-scale production systems. *Livestock Research for Rural Development*, 32(5), 1–10.
- Becerra, M., Rojas, C. & Torres, A. (2021) ‘Alternative feeding strategies for sustainable poultry production in Latin America’, *Revista de Producción Animal*, 33(1), pp. 45–56.
- Cherry, P., & Morris, T. R. (2020). *Domestic duck production: management, nutrition and welfare*. CABI Publishing.
- Demann, J., Petersen, F., Dusel, G., Bog, M., Devlamynck, R., Ulbrich, A., Olf, H.-W. & Westendarp, H. (2023) ‘Nutritional Value of Duckweed as Protein Feed for Broiler Chickens — Digestibility of Crude Protein, Amino Acids and Phosphorus’, *Animals*, 13(1), 130. doi:10.3390/ani13010130.
- Diez, A. (2020). *Manejo inicial y bienestar animal en la producción avícola*. Editorial Mundi-Prensa.
- Ecuador Times (2019) Integrated duck and rice production in Ecuador. Available at: <https://www.ecuadortimes.net> (Accessed: 16 September 2025).
- Espinoza, Y. and Gutierrez, R. (2019) ‘Caracterización agronomica de accesiones de Azolla spp de Venezuela’, *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(2), pp. 135–150.
- FAO (2021) Poultry nutrition and feeding. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hartati et al. (2025) evaluaron la inclusión de *Azolla microphylla* hasta un **15 % en la dieta** de patos Magelang (*Anas platyrhynchos*) y encontraron que no hubo efecto significativo en el consumo de alimento ni en la conversión alimenticia.
- Helgi Library (2023) Duck Meat Production Worldwide. Available at: <https://www.helgilibrary.com> (Accessed: 16 September 2025).
- Indacochea Ávila, A. S., & Pezo Quinde, C. A. (2025). Análisis de prefactibilidad de la producción de balanceado a partir de azolla (Tesis de Ingeniería Industrial). Universidad de Guayaquil.
- Jadhav, S. & Pattar, J. (2024) ‘Azolla: Nutritionally Rich Non-Conventional Feed for Backyard Poultry Farming’, *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(5), 459–462. doi:10.9734/jeai/2024/v46i52396.
- Khaengklang, S., Deeseenthum, S., Butkhup, L., & Rattanasuk, S. (2025). Enhancing sustainable agriculture and mitigating environmental impacts: Azolla cultivation to treat fattener pig farm effluent wastewater. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 30(04), APST–30. <https://doi.org/10.14456/apst.2025.53>

- Kour, R., et al. (2024). Role of Azolla in sustainable agriculture and climate resilience: a comprehensive review. *Plant*, 13, 500. (Informe de la composición nutricional, incluyendo proteína cruda).
- Leeson, S. & Summers, J.D. (2020) *Nutrition of the Chicken*. 4th edn. Guelph: University Books.
- Market Research Future (2025) *Duck Meat Market Research Report – Global Forecast to 2032*. Available at: <https://www.marketresearchfuture.com> (Accessed: 16 September 2025).
- Méndez, P., Ruiz, D., & Herrera, S. (2021). Desempeño productivo del pato doméstico en diferentes fases de crecimiento. *Ciencia Animal*, 18(1), 55–63.
- Nevárez Pérez, D. J., Trueba Macias, L. S., & Farías Delgado, M. G. (2024). *Rendimiento y contenido de nitrógeno del helecho Azolla filiculoides*. *Revista Didáctica y Educación*, 15(3), 375–390
- Quintana, J. A. (2020). *Producción y manejo de aves acuáticas domésticas*. Editorial Académica Española.
- Rahman, M. M., Hossain, M. A., & Islam, M. R. (2020). *Nutritional evaluation of Azolla (Azolla pinnata) and its effect on growth performance of ducks*. *Asian Journal of Poultry Science*, 9(3), 145–152.
- Ravindran, V. & Abdollahi, M.R. (2021) ‘Feed formulation and nutrient requirements in poultry nutrition’, *Animal Feed Science and Technology*, 278, 114–125.
- Ravindran, V., & Abdollahi, M. R. (2020). Nutrition and feeding of ducks. *Poultry Science*, 99(1), 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.012>
- Reddy, Y. R., Rao, D. S., Reddy, P. B., & Kumar, M. K. (2021). Effect of Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient on the growth performance and feed conversion ratio of ducks. *International Journal of Poultry Science*, 13(6), 345–349.
- Rodríguez, L. y López, A. (2023) Factores que afectan el rendimiento y bienestar de patos en engorde. *Revista AgroCiencia*, 42(1), pp. 74–81.
- Sánchez, J. (2019). Evaluación del crecimiento en patos de engorde bajo dietas suplementadas con proteínas vegetales. *Revista Agropecuaria del Litoral*, 14(2), 45–52.
- Sánchez, J. (2019). *Evaluación del uso de forrajes acuáticos en la alimentación de patos domésticos durante la etapa de crecimiento y engorde*. Tesis de grado, Universidad de Ciencias Agropecuarias.
- Sánchez-Torres, L., Arredondo-Castro, M., Orozco-Benítez, G., Gutiérrez-Arenas, D., Carrillo-Beltrán, J., Lepe-Aguilar, R., Avila-Ramos, F., 2021. Variables hematológicas en aves deportivas, ganso común, pato doméstico, pato azteca, guajolote y pollo de engorda. *Abanico Agroforestal* 3, 2020–20.
- Serrano, F., Ortega, N. y Páez, J. (2022) Comportamiento alimentario y crecimiento en patos domésticos bajo condiciones controladas. *Revista Ciencia y Campo*, 39(4), pp. 201–210.
- Singh, P.K., Singh, R.P. & Singh, S.P. (2017). Potential of Azolla as livestock feed in India: An overview. *International Journal of Agricultural Sciences*, 9(2), 3831–3836.

- Solís, J., & Martínez, L. (2019). Manejo productivo y sanitario de patos domésticos en sistemas semi-intensivos. *Revista de Producción Animal*, 31(2), 45–53.
- Sood, A., Uniyal, P. L., Prasanna, R., & Ahluwalia, A. S. (2012). Phytoremediation potential of Azolla and its application as livestock feed: A review. *Indian Journal of Plant Physiology*, 17(3–4), 299–306.
- Sultana, S., Chowdhury, S. D., & Sarker, N. R. (2017). Use of Azolla (*Azolla pinnata*) as feed ingredient in diet of growing ducks. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 15(2), 257–264.
- Tridge (2025) Duck Meat Production in Ecuador. Available at: <https://www.tridge.com> (Accessed: 16 September 2025).
- Verma, K., Prusty, S., Gendley, M.K., Dubey, M., Ramteke, R.C. & Doneria, R. (2024) ‘Effect of inclusion of Azolla on performance, haematobiochemical parameters and economics in Japanese quail broilers’, *Indian Journal of Animal Sciences*, 94(9), 815-820.
- Wang, X., Li, H., Chen, Q. & Zhang, Y. (2022) ‘Energy requirements and feed efficiency in broiler chickens: a review’, *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 835–849.
- Winstead, D. (2024, March 11). Get Ready to Eat Pond Plants. *Wired*. <https://www.wired.com/story/get-ready-to-eat-pond-plants>.

## ANEXOS



*Figura 1A.* Construcción del galpón



*Figura 2A.* Adaptabilidad del espacio



***Figura 3A.*** Aceptación del alimento



***Figura 4A.*** Recreación T1



**Figura 5A.** Limpieza y desinfección del área



**Figura 6A.** Hidratación de los patos



**Figura 7A.** Recreación al aire libre



**Figura 8A.** Lesiones por picoteo



**Figura 9A.** Manipulación y revisión



**Figura 10A.** Recreación semana 6



*Figura 11A.* Implementación de piscina para recreación



*Figura 12A.* Monitoreo a los animales



**Figura 13A.** Secado natural del plumaje



**Figura 14A.** Control del pato por agresividad



*Figura 15A.* Recreación en piscina



*Figura 16A.* Manipulación por control