



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**Efecto de la inclusión de azolla spp. en la alimentación de pollos de engorde  
sobre los parámetros productivos**

**SANJINES YUNGA YUSTIN GERARDO  
MEDICO VETERINARIO**

**MACHALA  
2022**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**Efecto de la inclusión de azolla spp. en la alimentación de pollos de  
engorde sobre los parámetros productivos**

**SANJINES YUNGA YUSTIN GERARDO  
MEDICO VETERINARIO**

**MACHALA  
2022**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto de la inclusión de azolla spp. en la alimentación de pollos  
de engorde sobre los parámetros productivos**

**SANJINES YUNGA YUSTIN GERARDO  
MEDICO VETERINARIO**

**VARGAS GONZALEZ OLIVERIO NAPOLEON**

**MACHALA  
2022**

# Efecto de azolla en alimentación de pollos

*por* Yustin Sanjines

---

**Fecha de entrega:** 29-ago-2022 09:00p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1889149635

**Nombre del archivo:** Efecto\_de\_azolla\_en\_la\_alimentaci\_n\_de\_pollos\_para\_carne.docx (12.45M)

**Total de palabras:** 9870

**Total de caracteres:** 53416

# Efecto de azolla en alimentación de pollos

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 25 words

Excluir bibliografía

Activo

## **CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL**

El que suscribe, SANJINES YUNGA YUSTIN GERARDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la inclusión de azolla spp. en la alimentación de pollos de engorde sobre los parámetros productivos, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

SANJINES YUNGA YUSTIN GERARDO

0705431672

## **DEDICATORIA**

Al Dr. Jose Aroca Celi por haber sido la guía, el apoyo absoluto al inicio de mi carrera universitaria y por creer en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Todopoderoso que me ha dado vida y fortaleza para culminar mis estudios.

A mi padre Fermin Sanjines, a mi madre Sorayda Yunga y a mis hermanos Maykel, Scarleth y Domenica, quienes han sido los pilares fundamentales en mi formación académica y personal, y por su apoyo incondicional sin el que no hubiera sido posible lograrlo.

De manera especial a mi tutor Dr. Oliverio Vargas, por su predisposición y guía durante todo este trabajo, así mismo al Dr. Ángel Sanchez y al Dr. Henry Peláez, quienes también fueron parte de este proceso.

A mis amigos, que han sido un apoyo dentro y fuera del aula, y a todas las personas que de una u otra forma aportaron su granito de arena durante este trabajo.



## RESUMEN

El presente trabajo investigativo se llevó a cabo en la granja “Santa Inés” ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Provincia de El Oro. El objetivo propuesto fue demostrar el efecto de la alimentación con inclusión de diferentes porcentajes de azolla en parámetros productivos de pollos de engorde línea Cobb 500. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, durante 7 semanas en el que se emplearon 160 pollos de engorde (línea Cobb 500), divididos en 4 grupos experimentales, con 4 réplicas y 10 aves en cada una, distribuidos en jaulas con un diámetro aproximado de 0,80 m al inicio del experimento y luego se agrandaron a 1 m de diámetro, bajo el manejo y las normas de bioseguridad que rigen un plantel avícola; según la zona y ubicación del galpón se ejecutó un plan vacunal básico que consistió en la única aplicación de vacuna Gumboro (Gumbo-Vac) en el quinto día y New Castle (New+Bron) al séptimo día, ambas vía ocular. La alimentación se dividió en 2 etapas, la primera de 3 semanas con el balanceado inicial de la casa comercial BioAlimentar y la segunda etapa de 3 semanas con balanceado engorde comercial Pro Aves de Pronaca, con una semana de transición entre ambas etapas; además, de la incorporación a partir del tercer día de Azolla spp., en 4 tratamientos, el primer tratamiento (T1 o testigo) estuvo compuesto únicamente de balanceado comercial, en el segundo tratamiento (T2) se incorporó 5% de Azolla spp., que sustituyó este mismo porcentaje de balanceado, en el tercer tratamiento (T3) se incorporó un 10% de Azolla spp, en lugar del balanceado comercial y en el cuarto tratamiento (T4) se incorporó 15% de Azolla spp., en lugar de balanceado. Para el cálculo de alimento a consumir por parte de las aves se tomó como referencia una tabla de consumos del Manual Cobb 500.

Los parámetros productivos tomados como variables fueron: peso vivo semanal (g), ganancia de peso (g), consumo de alimento (g) e índice de conversión alimenticia. Para el análisis estadístico de empleo en programa IBM SPSS versión 25 en el que se realizó un análisis de varianza para un solo factor (Anova) y el test de Duncan para comparar las medias de los tratamientos y determinar diferencias significativas con un intervalo de confiabilidad del 95%. Los resultados obtenidos muestran que, al final del experimento no existe diferencias significativas entre los pesos vivos, pero aritméticamente el tratamiento testigo (T1) obtuvo el mayor peso (3864,98 g), seguido por el segundo tratamiento (3853,85 g), tercer tratamiento (3817,13 g) y el cuarto tratamiento (3682,26 g); en cuanto a la ganancia de peso, el tratamiento testigo en conjunto con el segundo tratamiento fueron significativamente mayores al tratamiento tres y aún más al tratamiento cuatro. Respecto al consumo de alimento, el

cuarto tratamiento (T4) con la inclusión del 15% de *Azolla* spp., alcanza el mayor consumo (72539,25 g) seguido por el segundo tratamiento (70441,5 g), tercer tratamiento (70132,25 g) y tratamiento testigo (68755,75 g); de igual manera el mejor índice de conversión alimenticia total se logra con el tratamiento testigo (T1) alcanzando un valor de 1,78, seguido por el segundo tratamiento (1,83), el tercer tratamiento (1,94) y el cuarto tratamiento (2,08). Por lo que se concluyó que la *Azolla* spp., puede reemplazar hasta un 5% el balanceado comercial en la alimentación de pollos de engorde sin afectar los parámetros productivos que normalmente se obtienen al realizar una crianza con una alimentación a base de balanceado comercial.

**Palabras claves:** Peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión.

## **ABSTRACT**

The present investigative work was carried out in the "Santa Inés" farm located in the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala, Province of El Oro. The proposed objective was to demonstrate the effect of feeding with the inclusion of different percentages of azolla in productive parameters of Cobb 500 line broilers. A completely randomized experimental design was applied for 7 weeks in which 160 broilers (Cobb 500 line) were used, divided into 4 experimental groups, with 4 replicates and 10 replicates. birds in each one, distributed in cages with an approximate diameter of 0.80 m at the beginning of the experiment and then enlarged to 1 m in diameter, under the management and biosafety regulations that govern a poultry farm; Depending on the area and location of the shed, a basic vaccination plan was carried out that consisted of the single application of the Gumboro vaccine (Gumbo-Vac) on the fifth day and New Castle (New+Bron) on the seventh day, both ocular routes. The feeding was divided into 2 stages, the first of 3 weeks with the initial balanced feed from the BioAlimentar commercial house and the second stage of 3 weeks with the balanced commercial fattening Pro Aves from Pronaca, with a week of transition between both stages; In addition, the incorporation of Azolla spp. from the third day, in 4 treatments, the first treatment (T1 or control) was composed only of commercial balanced, in the second treatment (T2) 5% of Azolla spp. was incorporated, that replaced this same percentage of balanced, in the third treatment (T3) 10% of Azolla spp. was incorporated, instead of the commercial balanced and in the fourth treatment (T4) 15% of Azolla spp. was incorporated, instead of balanced . For the calculation of food to be consumed by the birds, a consumption table from the Cobb 500 Manual was taken as a reference.

The productive parameters taken as variables were: weekly live weight (g), weight gain (g), feed consumption (g) and feed conversion ratio. For the statistical analysis of employment in the IBM SPSS version 25 program, in which an analysis of variance was performed for a single factor (Anova) and Duncan's test to compare the means of the treatments and determine significant differences with a reliability interval of 95%. The results obtained show that, at the end of the experiment, there are no significant differences between the live weights, but arithmetically the control treatment (T1) obtained the highest weight (3864.98 g), followed by the second treatment (3853.85 g), third treatment (3817.13 g) and fourth treatment (3682.26 g); In terms of weight gain, the control treatment together with the second treatment were significantly higher than treatment three and even more than treatment four. Regarding food consumption, the fourth treatment (T4) with the inclusion of 15% of Azolla spp., reaches the highest consumption (72539.25 g) followed by the second treatment (70441.5 g), third treatment (70132, 25 g) and control treatment (68755.75 g); Similarly, the best total feed conversion ratio is achieved with the control treatment (T1) reaching a value of 1.78, followed by the second treatment (1.83), the third treatment (1.94) and the fourth treatment. (2.08). Therefore, it was concluded that Azolla spp., can replace up to 5% of the commercial feed in broiler chickens without

affecting the production parameters that are normally obtained when rearing with feed based on commercial feed.

**Keywords:** Live weight, weight gain, feed intake, feed conversion ratio.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.	JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3.	OBJETIVOS .....	3
1.3.1.	Objetivo general .....	3
1.3.2.	Objetivos específicos.....	3
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1.	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN ECUADOR.....	4
2.2.	Principales líneas híbridas productoras de carne .....	5
2.2.1.	Línea Cobb 500.....	5
2.2.2.	Línea Ross 308.....	5
2.2.3.	Hubbard.....	5
2.3.	AZOLLA SPP.....	6
2.3.1.	Origen y distribución.....	6
2.3.2.	Taxonomía .....	7
2.3.3.	Morfología .....	7
2.3.4.	Reproducción .....	7
2.3.5.	Rendimiento .....	8
2.3.6.	Composición química.....	9
2.3.7.	Usos .....	10
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1.	MATERIALES .....	17
3.1.1.	Localización del estudio .....	17
3.1.2.	Población y muestra .....	17
3.1.3.	Equipos y materiales .....	18
3.1.4.	Variables .....	19
3.2.	MEDICIÓN DE VARIABLES .....	19
3.2.1.	Peso vivo.....	19
3.2.2.	Ganancia de peso.....	19
3.2.3.	Consumo de alimento.....	19
3.2.4.	Índice de conversión.....	20
3.3.	MÉTODOS .....	20
3.3.1.	Metodología de campo .....	20

3.3.2.	Metodología para el cuidado de la Azolla spp.....	21
3.3.3.	Metodología del análisis estadístico .....	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Determinación de la adición de la Azolla spp. sobre el peso vivo semanal y ganancia de peso .....	24
4.2.	Determinación de la adición de la Azolla spp. sobre el consumo de alimento e índice de conversión.....	27
5.	CONCLUSIONES .....	32
6.	RECOMENDACIONES .....	33
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	34
8.	ANEXOS .....	41

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Estadística del sector avícola. Consumo en Ecuador .....	4
<b>Ilustración 2:</b> Azolla spp .....	6
<b>Ilustración 3:</b> Rendimiento de Azolla spp. ....	9
<b>Ilustración 4:</b> Ubicación de la nave .....	17
<b>Ilustración 5:</b> Ubicación de la Finca.....	22
<b>Ilustración 6:</b> Piscina de Azolla ubicada en la finca .....	22
<b>Ilustración 7:</b> Peso vivo semanal (g) .....	24
<b>Ilustración 8:</b> Ganancia de peso semanal (g).....	25
<b>Ilustración 9:</b> Ganancia de peso acumulada (g) .....	26
<b>Ilustración 10:</b> Consumo de alimento semanal (g).....	27
<b>Ilustración 11:</b> Consumo de alimento acumulado (g) .....	28
<b>Ilustración 12:</b> Índice de conversión semanal (%) .....	29
<b>Ilustración 13:</b> Índice de conversión total (%).....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Taxonomía de Azolla spp. ....	7
<b>Tabla 2:</b> Análisis bromatológico de Azolla filiculoides en la Hacienda Arizona, Colombia. 10	
<b>Tabla 3:</b> Peso vivo de pollos semanal (g) .....	24
<b>Tabla 4:</b> Ganancia de peso semanal de pollos (g).....	25
<b>Tabla 5:</b> Ganancia de peso acumulada (g) .....	26
<b>Tabla 6:</b> Consumo de alimento semanal (g) .....	27
<b>Tabla 7:</b> Consumo de alimento acumulado (g).....	28
<b>Tabla 8:</b> Índice de conversión semanal .....	29
<b>Tabla 9:</b> Índice de conversión total (%).....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Fumigación del galpón	41
<b>Anexo 2:</b> Colocación cortinas, jaulas y focos en el área experimental	41
<b>Anexo 3:</b> Preparación del agua vitaminizada	41
<b>Anexo 4:</b> Distribución de los tratamientos al azar y colocación de bebederos	42
<b>Anexo 5:</b> Recibimiento y pesaje de pollitos	42
<b>Anexo 6:</b> Distribución al azar de pollitos en las unidades experimentales	42
<b>Anexo 7:</b> Vacunas Gumboro (Gumbo-Vac) y New Castle (New+Bron)	43
<b>Anexo 8:</b> Vacunación via ocular	43
<b>Anexo 9:</b> Mezcla de balanceado y Azolla spp.	43
<b>Anexo 10:</b> Alimentación de las aves	44
<b>Anexo 11:</b> Azolla spp.	44
<b>Anexo 12:</b> Extracción de Azolla spp.	44
<b>Anexo 13:</b> Mantenimiento de la Azolla spp. en el exterior del galpón	45
<b>Anexo 14:</b> Consumo de Azolla spp.	45
<b>Anexo 15:</b> Lavado del equipo	45
<b>Anexo 16:</b> Pesaje semana 7	46



# 1. INTRODUCCIÓN

Desde las últimas 3 décadas, en el Ecuador, la producción avícola ha tenido un enorme crecimiento gracias a la alta demanda de sus productos, demanda que año tras año se ve en aumento, por lo que actualmente este sector agropecuario se ha visto en la necesidad de buscar nuevas alternativas de alimentación que otorguen a los animales los nutrientes necesarios, estas nuevas alternativas deben cumplir con el requisito de tener un bajo costo de producción, un leve o nulo impacto negativo en el ambiente y no debe afectar la salud de los consumidores (1).

Por ese motivo se ha tomado en cuenta a la azolla, una planta acuática, considerada un alimento alternativo, ya que comúnmente no se las utiliza en la alimentación animal, sin embargo, al ser utilizadas correctamente son muy importantes en los sistemas de producción, además de que poseen un bajo costo de producción (2) (3).

Es así como con el manejo adecuado se puede aprovechar el poder de proliferación que poseen estas plantas, la bioacumulación de otros compuestos del agua y la capacidad que poseen para absorber nutrientes, lo que las hace un elemento útil para el tratamiento de aguas residuales, de igual manera en otros países del mundo estas plantas son producidas y cosechadas con la finalidad de incluirlas en la producción de abonos y como fuente alimenticia para los animales, no obstante algunos autores las consideran plagas por su rápido crecimiento, que al estar libres en forma natural invaden cuerpos de agua, llegando incluso a generar problemas (4).

Por lo expuesto anteriormente, se buscan nuevas fuentes alimenticias para la producción de pollos de engorde que permitan obtener buenos parámetros de producción sin afectar la salud de los animales.

## 1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La producción aviar en el país es de gran importancia ya que cubre la demanda del consumo de esta carne por parte de los ecuatorianos, además de ser una proteína muy aceptada en el mercado y de fácil accesibilidad económica para las personas (5).

La crianza de aves de engorde es en algunos casos la única fuente de ingresos económicos de las familias ecuatorianas o productores, sin embargo, últimamente esta producción se ha ido deteriorando por la ineficiente ganancia de peso de las aves que tiene como resultado la obtención de balances económicos negativos, siendo uno de los factores importantes el uso de balanceados elaborados con ingredientes convencionales cuyos costos de producción son altos, además de que compiten con la alimentación de otras especies, incluyendo la humana (1).

El productor desconoce que cuenta con la disponibilidad de alimentos no convencionales como la azolla, una fuente de proteína vegetal con un bajo costo de producción, además de un alto rendimiento de biomasa, una eficiente conversión alimenticia y energía, que no causa un deterioro en la salud de las aves y las personas (4).

Pero otra limitante que tiene el productor es que no conoce sobre los nutrientes que ofrece la azolla, además de los porcentajes o niveles de inclusión que pueden usar en la dieta de los pollos de engorde, estas razones no permiten que esta planta sea usada ampliamente lo cual detiene el desarrollo de esta producción (6).

Es así como la falta de información del efecto que tiene la azolla sobre los parámetros productivos en las aves alimentadas con esta planta acuática causa en los productores desconfianza al momento de renovar la alimentación de sus aves, y prefieren usar productos convencionales de los que existen una amplia gama de estudios que respaldan su efecto sobre los animales (7).

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación pretende dar a los productores avícolas una nueva alternativa para la alimentación en la crianza y producción de pollos de engorde con la implementación de la azolla como fuente proteica que cubre los requerimientos del animal.

Asimismo, con esta investigación se muestra cómo usar eficaz y racionalmente los recursos disponibles en la naturaleza sin dañar a la misma, ayudando a aumentar el uso de estos recursos que generalmente no se utilizan logrando una producción amigable con el medioambiente.

La alimentación en la producción avícola conlleva una inversión considerable, pero en ocasiones los animales no alcanzan una buena conversión alimenticia por lo que supone pérdidas económicas, por lo que este trabajo es de interés al tratarse de una alternativa que

produce buenos resultados en los parámetros zootécnicos y no requiere una gran inversión por parte del productor, por lo que se reducirían los costos de producción y los ingresos económicos mejorarían, alcanzando así una producción sustentable y por ende una estabilidad económica.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Demostrar el efecto de la alimentación con inclusión de diferentes porcentajes de azolla en parámetros productivos de pollos de engorde línea Cobb 500.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

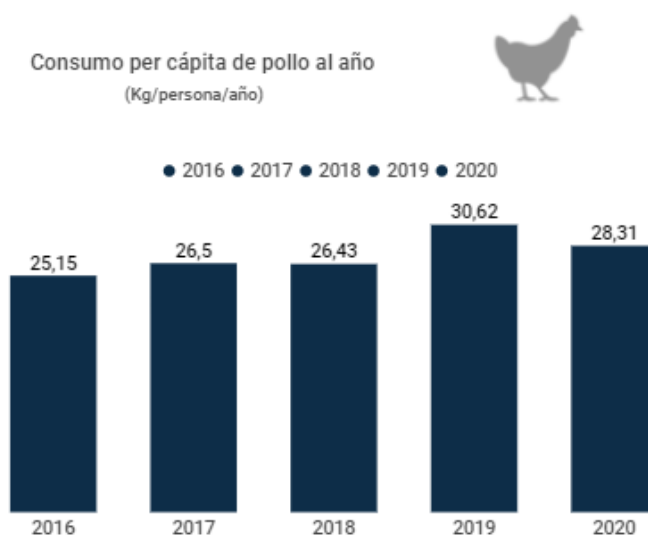
1. Evidenciar la influencia de la alimentación con adición de diferentes porcentajes de azolla (5, 10 y 15%) sobre el peso vivo semanal y ganancia de peso de pollos de engorde línea Cobb 500.
2. Probar la incidencia de la adición de azolla en el consumo de alimento y el índice de conversión de pollos de engorde línea Cobb 500 durante siete semanas de evaluación.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN ECUADOR

Con la instauración de la planta avícola Helvética en el año 1957, dedicada a la incubación artificial, la avicultura en el Ecuador empezó a tomar un modelo empresarial, pero no fue hasta el año de 1970 donde esta actividad tomó mayor fuerza e importancia gracias a la apertura de nuevas empresas en provincias principales de la sierra y costa (1).

Actualmente Ecuador tiene la capacidad de producir toda la carne que consume su población, en el año 2019 la producción de carne de pollo llegó a las 525 mil toneladas teniendo como base 279 millones de aves, lo que significa que un ecuatoriano consume 30 Kg de pollo al año en promedio, mientras que el año 2020 esta producción disminuyó alcanzando 494 mil toneladas, sin embargo esta producción sobrepasó la de los años 2017 y 2018, en este caso la base fueron 263 millones de aves de engorde, lo que refleja un consumo de 28 kg de pollo durante el 2020 (5).



*Ilustración 1: Estadística del sector avícola. Consumo en Ecuador*  
Fuente: (5)

El sector agropecuario aporta el 23% del PIB del país, y dentro de este porcentaje el 3% le corresponde a la producción avícola, la cual tuvo un importante crecimiento del 42% entre el año 2006 y 2015, dicho crecimiento se ha mantenido permitiendo que el valor bruto anual en el año 2020 sea de USD 3.500 millones de dólares, pero detrás de toda esta producción está el recurso humano, que se ve beneficiado ya que las plazas de empleo que se generan a lo largo de la cadena de producción son alrededor de 300 mil (8) (9).

En Ecuador, la provincia de Pichincha es la que tiene una mayor cantidad de producción alcanzando el 38%, seguida de Guayas con una producción del 32%, en tercer lugar, la provincia de El Oro con un 16%, luego Imbabura con un 8%, Manabí con un 8% y el resto de provincias en conjunto alcanzan el 21% de la producción del país, es así como la producción avícola se encuentra extendida en la región Costa, Sierra y Oriente, siendo nula en la región insular (1).

## **2.2. Principales líneas híbridas productoras de carne**

Hoy en día los productores no solamente quieren tener pollos que crezcan eficientemente, sino también quieren pollos que tengan buena viabilidad y características de bienestar animal (10).

Entre las características que se requieren en estas líneas híbridas es que cumplan los estándares productivos más elevados en cualquier tipo de ambiente, así mismo deben alcanzar excelentes tasas de crecimiento, una buena conversión alimenticia, carne de calidad, buen rendimiento, además de que sean aves robustas y de alta viabilidad (11).

### **2.2.1. Línea Cobb 500**

Las características que lo convierten en el pollo de engorde más eficiente del mundo son su bajo costo de peso vivo producido, un excelente rendimiento con una alimentación de bajo costo, la más alta tasa de crecimiento y una buena uniformidad dentro de los pollos de engorde (10).

### **2.2.2. Línea Ross 308**

El Ross 308 cumple con las expectativas de los productores, es un ave con una buena tasa de crecimiento y por ende un buen desarrollo, es robusta, consistente y con una conversión alimenticia que cumple con el extenso rango de condiciones para el producto final (12).

### **2.2.3. Hubbard**

El pollo Hubbard posee un crecimiento inicial rápido, además de que presenta un buen desarrollo aun en condiciones de manejo desafiantes, tiene un rendimiento excepcional por tal motivo tiene mayor importancia en mercados de pieza de pollos con huesos y de pollos enteros (13).

### 2.3. AZOLLA SPP.

Es una planta acuática también llamada helecho de agua, helecho flotante, doradilla o yerba del agua que flota, es conocida por la gran capacidad que tiene de propagarse y su rápido crecimiento que, en las condiciones nutritivas adecuadas es capaz de lograr volúmenes altos de producción, además se reconocen varias especies: *Azolla filiculoides*, *Azolla microphylla*, *Azolla caroliniana*, *Azolla mexicana* y *Azolla pinnata* (14) (15).

Una de las características más importantes de esta planta acuática es su simbiosis con *Anabaena azollae*, una bacteria que posee la capacidad de fijar nitrógeno que la azolla aprovecha para cubrir sus requerimientos de nitrógeno (3).



*Ilustración 2: Azolla spp*  
*Fuente: (13)*

#### 2.3.1. Origen y distribución

Autores como Lumpkin y Plucknett, exponen que la azolla es nativa de zonas tropicales y subtropicales, teniendo una distribución muy amplia y generalmente se la encuentra asociada con otras plantas acuáticas (15).

La azolla es autóctona del continente asiático y africano, siendo los lugares más habituales en los que crecen los cuerpos de agua como canales, lagunas, campos inundados, etc. (4). Sin embargo, Kollah, Patra y Mohanty manifiestan que es autóctona de América y que está extensamente diseminada por el Asia, Nueva Zelanda, parte Sur de África, Marruecos, Europa, Irlanda y Reino Unido (16).

Algunas de las especies de azolla como *A. filiculoides*, *A. rubra*, *A. caroliniana*, *A. microphylla* y *A. mexicana* se encuentran distribuidas en zonas tropicales de América, Nueva Zelanda y Australia, mientras que *A. pinnata* está ubicada en África, Asia y Australia y

finalmente *A. nilotica* que se encuentra solamente en África (3). Por lo que actualmente esta planta acuática flotante se encuentra distribuida en Australia, Asia tropical, Sudáfrica, Europa, islas del Pacífico y en América (17).

### 2.3.2. Taxonomía

*Tabla 1: Taxonomía de Azolla spp.*  
Fuente: (18)

Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Salviniales
Familia	azollaceae
Género	<i>Azolla</i>

### 2.3.3. Morfología

Esta planta está compuesta por una gran cantidad de pequeñas hojas bilobuladas esparcidas alrededor de un tallo que juntas forman una planta de gran extensión, además presenta una particularidad respecto a su color pues las plantas adultas o que están en contacto con los rayos del sol poseen una coloración que va desde rojo a púrpura, mientras que las plantas jóvenes o que se encuentran en zonas sombreadas son de color verde pálido a azulado (3) (7).

Individualmente esta planta suele crecer de 1 a 1,25 cm, pero también llegan a medir 4 cm, con un diámetro de 1 a 2 cm, sus hojas pequeñas poseen folíolos que miden 0,5 a 1 mm que generalmente están apilados en forma de escalera, las ramas nacen del tallo central, esta planta tiene raíces individuales que miden de 1 a 3 cm y rizomas en algunos lugares (7).

### 2.3.4. Reproducción

La azolla puede reproducirse sexualmente como asexualmente, en la primera la megaspora, que corresponde a la parte femenina, tiene en su interior una pequeña colonia de *Anabaena* la misma que contiene esporas de las cianobacterias o también llamadas aquinetas, lo que le permite transmitir la bacteria a la siguiente generación de la azolla, mientras que la reproducción asexual se da simplemente por la multiplicación de fragmentos de sus hojas, esta es la más común y bajo las condiciones adecuadas el helecho acuático puede llegar a

crecer, mediante una reproducción asexual, increíblemente rápido, es normal que duplique su peso en tan solo 2 o 5 días (15).

En cuanto a la reproducción sexual de la azolla, la megaespora y microespora forman un gametofito respectivamente, los mismo que se aparean para dar lugar al esporofito o fase diploide de la azolla, este gametofito se desarrolla dentro del megasporocarpo, mientras que en el microsporocarpio se desarrollan varios microsporangio con microsporas par que finalmente las esporas de azolla se encuentren dentro de los esporocarpos, los cuales son resistentes al estrés, sequía y bajas temperaturas, por lo que es lógico su uso, no obstante su conservación aún es limitada (19).

### **2.3.5. Rendimiento**

En datos obtenidos por Méndez-Martínez et al., en el 2017 relativos a la producción de *Azolla filiculoides* cultivada en 12 estanques (1,25m x 0,80m x 0,25 m) durante 6 meses, en donde se sembró 25 g/m<sup>2</sup> de semilla en un volumen de 0,25 m<sup>3</sup> de agua, fertilizados con dos minerales combinados y excretas porcinas, obtuvieron un rendimiento en biomasa fresca de 5,76 g/m<sup>2</sup>/día, lo que es igual a 20,75 t/ha/año en épocas de lluvia (20).

En otro experimento realizado por Intriago, González, Jaramillo, & Delgado en el 2017 el cual tuvo la duración de 1 mes en el que se cultivó 40 g/m<sup>2</sup> Azolla en 16 estanques de cemento (1,5m x 1,6m x 50 cm) con una película de agua dulce de 10 cm, en los que se aplicó 4 tratamientos distintos, obtuvieron el mejor rendimiento en el tratamiento de columna de agua sin techo con una producción de 2430,5 g valor estadísticamente superior al resto de tratamientos (21).

Según datos conseguidos por Becerra et al., en 1990 citado por Suarez & González en 2015, la *Azolla filiculoides* cultivada en estanques de 40 cm de profundidad y fertilizados con 10 g/m<sup>2</sup> de pollinaza por día, se obtuvo un rendimiento de alrededor de 39 t MS/ha por año, así mismo Sánchez (1991) en los llanos de Colombia alcanzó una producción de 432 t/ha/año en lagos de 0,5-1 m de profundidad (7).

En un experimento realizado por Caraballo y Sánchez en el 2004, citado por Méndez-Martínez et al., en el 2018, sobre el rendimiento de Azolla por año en canales de irrigación de China, revelaron resultados de 150-178 t/ha (3).





*Ilustración 3: Rendimiento de Azolla spp.*

*Fuente: Autor*

### **2.3.6. Composición química**

De una granja porcina de Colombia se reunieron muestras de azolla, las mismas que contenían 184 a 317 g de PB/kg de MS, 469 a 620 g FND y 98 a 145 g de cenizas, 47 a 53 g de lisina/kg de PB, 11 a 17 g de metionina, 53 a 55 g de treonina y 14 a 15 g de triptófano (14).

En un análisis químico realizado por Subuchi & Sinch, en 1997 se obtuvieron los siguientes resultados en seco 10,5% de ceniza, 3-3,36% de grasa cruda, 24-30% de proteína cruda, 4-5% de nitrógeno, 0,5-0,9% de fósforo, 2-4,5% de potasio, 0,5-0,65% de magnesio, 0,11-0,16% de manganeso, 0,06-0,26% de hierro, 3,4-3,5% de azúcares solubles, 6,5-6,54% de almidón y 0,34-0,55% de clorofila (18).

Anitha et al., en el 2016 evaluaron la composición nutritiva de la Azolla secándola al sol y obtuvieron resultados de 4,7 % de materia seca, 82,66 % de materia orgánica, 22,48 % de proteína cruda, 4,5 % del extracto etéreo, 14,7 % de fibra cruda, 17,34 % de ceniza total y 40,98 % de extracto libre de nitrógeno (22).

**Tabla 2:** Análisis bromatológico de *Azolla filiculoides* en la Hacienda Arizona, Colombia  
Fuente: (7)

<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>% EN BASE SECA</b>
<b>PROTEÍNA BRUTA</b>	30,46
<b>MATERIA SECA</b>	5
<b>FIBRA BRUTA</b>	18,12
<b>FÓSFORO</b>	0,4
<b>CALCIO</b>	1
<b>GRASA</b>	3,08
<b>CENIZA</b>	18,74

### **2.3.7. Usos**

Las plantas acuáticas por ser fuentes de proteína, grasas e inclusive poseer propiedades farmacológicas, con el pasar de los años ganan interés por la gran cantidad de usos que poseen ya sean en la alimentación, fertilización o biomedicina, pero principalmente se destaca su uso en la alimentación humana, animal y como biofertilizante, siendo un excelente representante la *Azolla* spp., catalogada como una fuente no convencional de alimentación con un potencial muy alto (23).

#### **2.3.7.1. Uso como biofertilizante**

Normalmente el uso de fertilizantes nitrogenados fomenta la emisión de altos niveles de óxido nitroso ( $N_2O$ ) el cual contiene oxígeno, ubicado en el tercer lugar de los principales gases de efecto invernadero, por lo que se ha visto la necesidad de buscar nuevas alternativas con reducidas emisiones de  $N_2O$  y que no afecten los altos niveles de producción (19).

El uso considerado más importante de la azolla es su capacidad como fertilizante inorgánico ya que posee un reducido costo de producción por lo que ayuda a desarrollar la economía, genera plazas de empleo y la importante característica de reducir la producción de gases de efecto invernadero (16).

La *Azolla* luce prometedora para la producción de arroz porque no solo aumenta la productividad del mismo, también mejora el estado del suelo mejorando la disponibilidad de nutrientes como N, P y K, además mantiene el pH, fija C y N orgánicos (24).

Este helecho acuático es usado como biofertilizante en todo el mundo por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, en lugares como China y Viet Nam son usado como abono para la producción de arroz desde tiempos remotos, ya que los arrozales son un hábitat perfecto para esta planta (7) (15).

Castro, Novo y Castro experimentaron incluyendo distintos niveles de Azolla como fertilizante en una producción de arroz donde se realizaron 16 tratamientos de los cuales 8 incluían azolla y los otros 8 eran tratamientos testigo, y con los resultados obtenidos concluyeron que cuando existe escasez de fertilizante nitrogenados se puede incluir azolla llegando a ahorrarse hasta un 33% de fertilización nitrogenada sin que existe un descenso en la producción (25).

Aldás-Jarrín et al., manifiestan que el uso de Azolla en sembríos de maíz como biofertilizante rico en nitrógeno es factible, ya que la planta de maíz aprovecha el aporte de esta planta acuática mejorando las prácticas agrícola sostenibles, pues obtuvieron excelente resultados al aplicar azolla seca mezclado con suelo sin azolla en proporción 1:1 donde el maíz a partir de los 60 días alcanzó una diferencia estadística significativa en relación a los otros tratamientos (26).

En un experimento para medir la capacidad de la *A. filiculoides* como biofertilizante y su efecto sobre el crecimiento, fisiología, rendimiento y absorción de nitrógeno en el maíz realizado por Maswada et al., concluyeron que la aplicación de la Azolla mejoró el crecimiento y rendimientos por lo que es una opción rentable capaz de reducir más del 30% del uso de fertilizante comercial sin afectar el rendimiento de la planta de maíz (27).

Para el cultivo de arroz se requiere de terrenos inundados, en Asia se ha vuelto costumbre meses previos a la siembra del arroz, sembrar Azolla, ya que por su extraordinaria capacidad de producción en biomasa tiene la ventaja de cubrir toda la superficie del agua evitando el crecimiento y competencias de otras plantas, finalmente estos cumplen su ciclo biológico y mueren no sin antes haber aportado cantidades importantes de nitrógeno en los campos de cultivo, por lo que se utiliza como planta compañera (6) (28).

McConnachie et al., citado por Kollah et al., expone que la capacidad biológica de la azolla como fertilizante o abono verde en las grandes producciones de arroz bajo condiciones experimentales favorables es excelente, llegando a liberar de 20 a 30 kg de nitrógeno orgánico en 1 hectárea de sembrío, lo que se ve reflejado en la economía pues esto significa un ahorro en fertilizantes químicos y control de malezas hasta en un 10% del costo total (16).

### 2.3.7.2. Uso en biorremediación de ecosistemas contaminados

La biorremediación es el empleo de seres vivos para tratar problemas de contaminación ocasionadas por el ser humano, es así que se usa las poblaciones de Azolla por su estupenda capacidad de eliminar metales como níquel, cromo, cobre, plomo o zinc presentes en el agua y una vez que estos metales contaminantes hayas sido eliminados se procede a cosechar las plantas, para secarlas y tratarlas como residuos sólidos (6).

El uso de microbios y plantas para la remediación de áreas en donde se acumulan trazas de metales que no pueden ser degradados volviéndose necesaria su extracción, es donde se aprovecha el potencial de muchas plantas acuáticas macrófitas para la remoción de estas trazas (16). La Azolla tiene el potencial de adaptarse y limpiar aguas contaminadas por metales pesados, además de que se la puede usar en fases de biorremediación ambiental gracias a la capacidad de absorber y descomponer antibióticos y pesticidas usados frecuentemente para el control de plagas (21) (15).

Entre las especies de Azolla se demostró que *A. filiculoides* absorbe mayor contenido de metales gracias a que contienen un microbioma donde sus especies tienen la característica de ser metalresistentes lo que transforma a esta planta acuática en una opción biotecnológicamente útil para los procesos de remediación (29) (30).

Es muy frecuente encontrarse con derrames de petróleos que llegan a contaminar cuerpo de agua convirtiéndose un completo desafío la limpieza de los mismo, la biodegradación del hidrocarburo se ve limitada por la falta de nitrógeno y es aquí donde actúa la Azolla y su potencial de incitar indirectamente a los microbios con la capacidad de degradar hidrocarburos (16).

En un experimento realizado por Miranda et al., donde utilizó *Azolla filiculoides* y *Azolla pinnata* para producir hidrocarburos, mostró en primer lugar la capacidad que tiene la Azolla para crecer en aguas residuales en donde llegaron a reducir un 25% los niveles de amonio, un 69% los niveles de nitrato, 24% los niveles de fosfato y un 40% los niveles de selenio, después de tan solo 5 días de tratamiento, lo que llevó a una reducción de 2,6 veces la toxicidad de estas aguas residuales (31).

Khodadad et al., realizó un estudio sobre la eliminación de contaminantes de productos lácteos en aguas residuales usando *A. filiculoides* y concluyó que este helecho posee un eficiente poder de bioadsorción, además de ser económico y abundante en la naturaleza (32).

### 2.3.7.3. Usos en la alimentación animal

Por sus buenos rendimientos, sus niveles de proteína bruta que varían de 23-30%, su adecuada composición de aminoácidos esenciales y macronutrientes, sumado a la aceptabilidad que tiene por parte de los animales y su digestibilidad, convierten a la Azolla en una alternativa de alimentación prometedora y económica (2). Sin embargo, por el contenido de proteína y contenido de polifenoles Brouwer et al., manifiestan que *A. filiculoides* es la especie más adecuada para la alimentación de los animales (33).

Leterme et al., utilizó para la alimentación del ganado porcino Azolla de la especie *Filiculoides* y *Salvinia molesta*, cuyas composiciones químicas cumplían con los requerimientos nutricionales de los animales, las dietas estuvieron conformadas por maíz, harina de soja, minerales y Azolla (0, 125 y 250 gramos) con el objetivo de medir la digestibilidad y peso, donde concluyeron que la desventaja del uso de azolla en la alimentación del ganado porcino es su bajo contenido de energía digestible y proteína (14).

Gracias a que la Azolla no se emplea en la alimentación humana, además de su bajos costo de producción y su inmenso volumen de producción mensual y anual es una gran alternativa en la dieta para acuicultura (34).

Méndez-Martínez et al., en el 2019 trabajo con *Azolla filiculoides* en inclusiones de 0%, 10%, 20% y 30% en harina para la alimentación de alevines híbridos de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* ) donde obtuvo mejores índices de producción en comparación con el tratamiento control, con la inclusión de un 10% de harina de *Azolla filiculoides* en la dieta (2). Sin embargo, Mosha a través de una extensa investigación sugiere que se puede incorporar hasta el 45% en dieta para las distintas especies de tilapia (35).

Rahmah et al., cultivo Azolla en aguas residuales de la acuicultura como alternativa proteica para bagre *Pangasius* como trabajo experimental donde concluyó que la Azolla puede reemplazar a proteínas como la harina de pescado hasta 10 g/kg en la dieta juvenil obteniendo un crecimiento más óptimo, excelente eficiencia alimenticia y buenos índices corporales sin afectar la viabilidad de los mismos (36).

Méndez-Martínez et al., en un trabajo relacionado con la alimentación de conejos en el año 2019, incluyó la *Azolla filiculoides* en porcentajes del 0%, 6%, 12% y 18% sustituyendo al balanceado, donde el tratamiento con la inclusión del 12% de Azolla no fue estadísticamente

diferente al tratamiento control, por lo que concluyó que con estos dos tratamientos se logran buenos resultados (34).

En un estudio realizado por Soren y Kumar sobre la eficacia de la *Azolla pinnata* como un complemento de la alimentación en aves de corral concluyó que se puede incluir hasta un 20% y seguir obteniendo buenas ganancias de peso corporal, volviendo a la producción más rentable (37).

Abdelatty et al., estudiaron el efecto de la harina de Azolla (ALM) como fuente de proteína, en donde utilizaron 60 conejos V-Line machos distribuidos al azar en 4 tratamientos con 15 repeticiones por tratamiento, donde se incluyó la ALM al 0%, 10%, 20% y 30% con una dieta base, respectivamente en cada tratamiento, el experimento tuvo una duración de 42 días y se concluyó que con la inclusión al 10% de ALM se obtuvieron buenos resultados, pero incluir más del 10% tiene un impacto negativo en el rendimiento productivo del animal, calidad de la carne y la eficiencia alimenticia (38).

Bueñaño-Bueñaño et al., en el 2018 evaluaron el efecto de la inclusión de Azolla sobre la digestibilidad, consumo voluntario de alimento y producción de huevos en codornices en las que se aplicó 4 tratamiento con inclusiones del 0%, 5%, 10% y 15 % respectivamente, donde concluyeron que el tratamiento 2 con un inclusion del 5% de Azolla tiene un efecto semejante al tratamiento control (0%) en cuanto a la producción de huevos y conversión alimenticia (39).

Varadharajan et al., en su investigación sobre el valor alimenticio de la Azolla en codornices concluyeron que la inclusión del 6% de harina de Azolla en la dieta de codornices no afecta el consumo de alimento y canal (23).

Se midió el efecto de la inclusión de *Azolla pinnata* seca y cruda en la alimentación de pavos, por lo que se emplearon 72 pavos de 8 semanas de edad distribuidos al azar en 3 tratamientos con 3 réplicas y 8 aves en cada tratamiento donde en el primer tratamiento se usó una dieta basal, en el segundo se incluyó 5% de Azolla seca en polvo en base a la materia seca y el tercer grupo se alimentó con Azolla ad libitum junto a la dieta basal, y los resultados demuestran que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, pero el T3 puede mejorar el índice de conversión alimenticia sin provocar efectos negativos en el ave (40).

#### **2.3.7.4. Usos en pollos de engorde**

A pesar de ciertos resultados contradictorios, la alimentación de aves de corral con dietas que incluyen Azolla han mostrado una mejora en su producción, inclusive numerosos estudios respaldan la eficacia del uso de Azolla en diferentes concentraciones de reemplazo en raciones de pollos de engorde (41).

En un ensayo realizado por Samad et al., (2020) donde se investigó el efecto de la inclusión de Azolla spp., como alimento para pollo de engorde, en 200 aves respectivamente anilladas, pesadas y distribuidas en cuatro tratamientos: Control 0%, T1: 5%, T2: 10% y T3: 15%, cada tratamiento con 5 repeticiones con 10 unidades de estudio, recibieron alimentación ad libitum durante 42 días, donde concluyeron que el T3 era significativamente más alto en aumento de peso, pero en cuanto al consumo de alimento e índice de conversión alimenticia no hubo diferencia significativa con los otros tratamientos (13).

En un experimento realizado por Islam & Nishibori (2017) con pollos Cobb 500 de 150 días de edad distribuidos en 4 tratamientos: T1: control, T2: 5%, T3: 7% y T4: T1 con 1 mL de multivitamínico y 1 mL de acidulante/litro de agua, cada tratamiento con 3 repeticiones, 20 unidades de estudio en el T1 y 10 unidades en el resto de tratamiento durante 35 días, donde obtuvieron que el mayor peso vivo y consumo de alimento se dio en el T4, sin embargo la mortalidad, índice de conversión, costo de alimentación y ganancia neta fue mayor en el tratamiento 2 seguido por el T3, T1 y T4 (4).

En la investigación realizada por Abdelatty et al., (2020) en el que se utilizó harina de Azolla secada al sol en 120 pollos de engorde Ross 308 distribuidos al azar en 3 tratamientos alimentados con una dieta a base de maíz y soja: Control: 0%, T1: 5% y T2: 10% durante 37 días, con 4 réplicas cada una y con 10 unidades de estudio, donde los resultados obtenidos concluyen que la inclusión de Azolla aumentó el consumo de alimento y mejoró la ganancia de peso, por lo que se podría incluir hasta un 5% en la dieta de pollos de engorde sin ningún efecto negativo sobre la calidad y rendimiento de la carne (42).

En cambio Subudhi & Singh (1978) utilizaron pollos White Leghorn hembras de 5 semanas de edad, en las que incluyeron Azolla fresca en la dieta en 4 tratamientos: T1: 100% alimento, T2: 5% en 100% de alimento, T3: 12,5% en 75% de alimento y T4: 16% en 50% de alimento, con cuatro réplicas cada tratamiento, donde los datos obtenidos reflejan que el T2 tenía un mejor índice de crecimiento que el T1 o control, por lo que concluyeron que el

alimento comercial puede ser reemplazado en un 20-25% por suplementos frescos como Azolla (18).

Shambhvi et al., (2020) realizó un estudio en pollos de engorde con 42 días de duración donde puso a prueba 3 tratamientos (T1 o control sin Azolla ni microbios de alimentación directa (DFM); T2 con 2,5% de Azolla y T3 con 2,5 de Azolla más DFM) con 4 réplicas cada uno y 10 pollitos por repetición, donde concluyó que el T2 y T3 obtuvieron un menor aumento de peso y un elevado índice de conversión, el T2 obtuvo mejores rendimientos a la canal pero esta puede mejorar si se agrega DFM a la dieta (43).

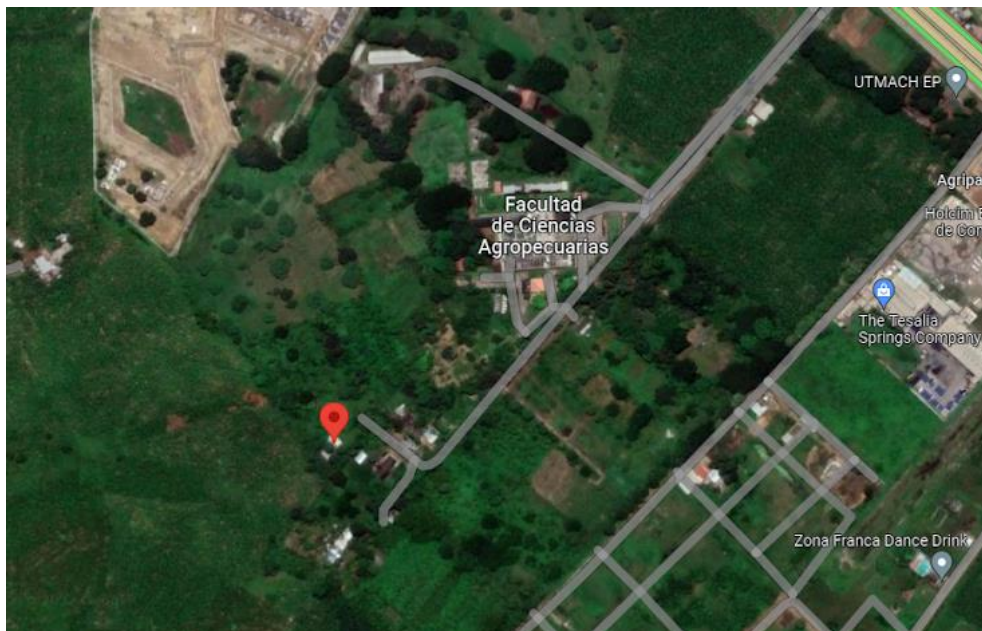


### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Localización del estudio

El presente trabajo se realizó en la Granja “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, la misma que se encuentra ubicada en el kilómetro 5 ½ vía Machala – Pasaje. Cuyas coordenadas geográficas son: longitud 79°54'05”, latitud 3°17'16”, altitud 5 msnm y temperatura que oscila entre 22-35°C.



*Ilustración 4: Ubicación de la nave*  
*Fuente: Google maps*

##### 3.1.2. Población y muestra

La investigación de campo realizada fue de tipo experimental, en la que se empleó 4 tratamientos con 4 réplicas, cada uno con 10 pollos, empleando un Diseño Completamente al azar (DCA) utilizando un total de 160 aves.

El primer tratamiento o control (T1) se utilizó para la alimentación balanceado comercial, en el segundo tratamiento (T2) se reemplazó un 5% del balanceado por *Azolla* spp., en el tercer tratamiento (T3) se reemplazó un 10% del balanceado por *Azolla* spp. y en el cuarto tratamiento (T4) se incluyó el 15% de *Azolla* spp. en lugar del balanceado.

### **3.1.3. Equipos y materiales**

#### **Limpieza**

- Escoba
- Recogedor
- Fundas de basura
- Detergente
- Formol
- Manguera
- Agua

#### **Acondicionamiento del galpón**

- Unidades experimentales (160 pollos)
- Jaulas metálicas (16)
- Bebederos de galón capacidad 4Lts (16)
- Comederos metálicos tipo tolva (16)
- Amarras
- Focos amarillos de 110 WATT (16)
- Boquillas (16)
- Viruta de madera
- Sacos
- Bloques
- Caña guadua
- Caja de fósforo
- Vela
- Cable
- Piola
- Periódico
- Cal
- Pala
- Plástico color negro
- Recipientes plásticos
- Criadoras a gas (2)

- Gas
- Bomba de fumigar
- Termómetro digital HTC-2 modelo TEMPERATURE- CLOCK/HUMIDITY
- Balanza gramera marca Shark modelo EI-02HS/Max 6Kg (Error estándar  $\pm 1g$ )
- Vitaminas (Minaviar)
- Vacunas (New+Bron/Gumbo-Vac)
- Azolla spp.
- Balanceado comercial de BioAlimentar (Inicio I) y Pronaca (ProAves engorde 3)
- Hojas de registro
- Bolígrafo
- Flexómetro

#### **3.1.4. Variables**

- Peso vivo
- Ganancia de peso
- Consumo de alimento
- Índice de conversión

### **3.2. MEDICIÓN DE VARIABLES**

#### **3.2.1. Peso vivo**

Se registro el peso inicial y semanal en cada unidad experimental expresada en gramos, esta variable es cuantitativa.

#### **3.2.2. Ganancia de peso.**

Se registró la diferencia del peso vivo de la semana actual con la semana anterior en cada unidad experimental para determinar la ganancia de peso expresada en gramos, esta variable es cuantitativa.

#### **3.2.3. Consumo de alimento.**

Se registró la cantidad de alimento balanceado administrado diariamente y se pesó, el sobrante que registraba diariamente para obtener el consumo real, esta variable es de tipo cuantitativa y se mide en gramos.

#### **3.2.4. Índice de conversión.**

Es una variable de tipo cuantitativa, este dato se obtuvo de la división de dos variables que son el consumo de alimento acumulado para la ganancia de peso de las aves.

### **3.3. MÉTODOS**

#### **3.3.1. Metodología de campo**

Para garantizar resultados confiables y repetibles el trabajo experimental se realizó bajo el cumplimiento de todas las normas de bioseguridad que se requieren para una explotación avícola.

Se inició con la desinfección y limpieza externa e interna del galpón, tomando en cuenta el piso y paredes, de igual manera los comederos, bebederos y cortinas. Se procedió a calentar el piso y paredes para después fumigar el galpón con una mezcla de formol y agua en dosis de 400 ml de formol en bomba de 20 litros de agua.

Para el control de las corrientes de aire se colocaron cortinas plásticas internas y externas, luego se introdujo aserrín previamente desinfectado con formol en el área determinada para el experimento. Se armaron 16 jaulas en forma circular aseguradas con amarras con un diámetro de 80 cm y en su base se colocó una tira de plástico para evitar la salida de la viruta, se colocaron las jaulas distribuidas en 4 columnas y se agregó la caña guadua sobre las jaulas para sujetar los comederos. Como fuente de calor se instaló un foco en cada tratamiento y adicional a esto se colocaron 2 criadoras a gas.

La asignación de los tratamientos en los bloques se realizó completamente al azar, anotando en papeles los 4 tratamientos y sorteando la ubicación de cada uno.

Dentro de cada jaula se colocó un bebedero y comedero, al no contar con los comederos tradicionales, se improvisaron comederos que cumplieran la misma función y no afectaban al experimento; los bebederos se colocaron sobre un bloque dentro de la jaula.

Se encendieron los focos y criadoras 6 horas previas a la entrada de los pollitos, con la llegada de los pollitos se procedió a ubicarlos al azar en un número de 10 en cada jaula, independientemente de su sexo registrando su peso. En primera instancia dentro de la jaula solo se encontraba el bebedero con agua + Minaviar, un suplemento vitamínico-electrolítico, el mismo que se administró durante 3 días. Luego de garantizar la hidratación del pollito se

procedió a ubicar los comederos, que durante los 3 primeros días contenían solamente balanceado comercial (BioAlimentar Inicio I) en todos los tratamientos.

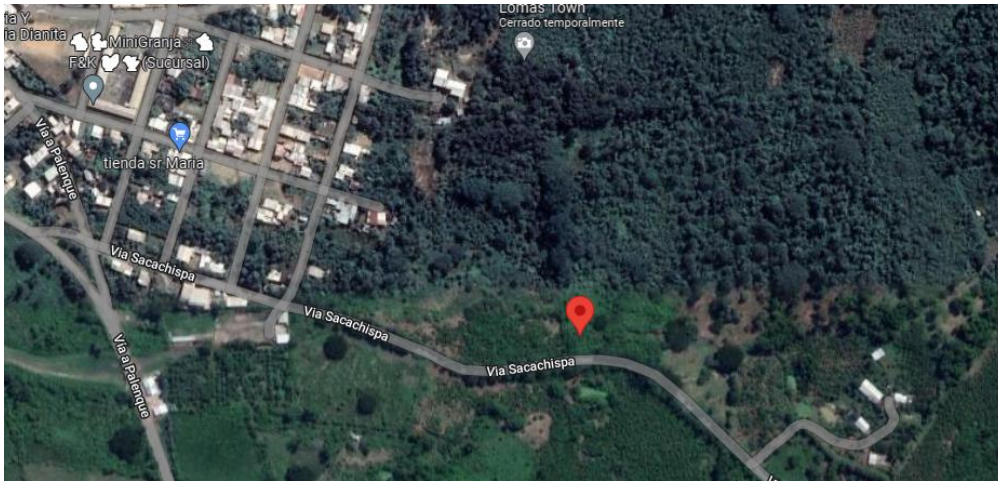
A partir del cuarto día se empezó a agregar el porcentaje de *Azolla* spp., correspondiente en cada tratamiento, mezclado junto con el balanceado comercial. Para realizar este cálculo se tomó como referencia la tabla de consumo del Manual Cobb 500. La alimentación se dividió en 2 etapas, la primera de 3 semanas con el balanceado inicial de la casa comercial BioAlimentar y la segunda etapa de 3 semanas con balanceado engorde comercial Pro Aves de Pronaca, con una semana de transición entre ambas etapas, es decir en la cuarta semana del experimento se dio una transición a balanceado de engorde a razón de 25% de balanceado de engorde y 75% de balanceado inicial, al día siguiente 50% de cada balanceado, luego 75% de balanceado de engorde y 25% de inicial, hasta incluir el 100% de balanceado de engorde (Pronaca). El plan vacunal se basó en la aplicación de la vacuna contra Gumboro (Gumbo-Vac) a los 5 días vía ocular derecha y al séptimo día de la llegada de los pollitos se aplicó la vacuna contra New Castle (New+Bron) vía ocular izquierda.

Diariamente se cambió el agua de los bebederos y de igual manera se llevaba a cabo el suministro del balanceado con *Azolla* spp. en función de cada tratamiento. En cuanto a la ventilación, luego de la primera semana se empezó a bajar las cortinas internas 20 cm cada día hasta retirarla totalmente y luego el mismo proceso con la cortina externa. Por las mañanas se realizaba el movimiento de la cama, sin embargo, por la humedad en la semana 4 se cambiaron las camas.

### **3.3.2. Metodología para el cuidado de la *Azolla* spp.**

La *Azolla* spp fue extraída de una finca ubicada en la vía Sacachispa, Pasaje, cuyas coordenadas geográficas son: longitud 79°47'22.5" y latitud 3°20'43". La misma fue conservada en un recipiente de 1 m de largo, 0,86 m de ancho y 0,6 m de alto colocado en el exterior del galpón y dentro de este una película de agua para mantenerla viva. Cada que se agotaba la *Azolla* spp., se procedía a cambiar el agua para volver a colocar nuevo material vegetal.

Previo a la mezcla con el balanceado, con un cedazo se recogía *Azolla* del recipiente se la dejaba escurrir durante 10 minutos y se procedía a incluirla en la alimentación.



*Ilustración 5: Ubicación de la Finca  
Fuente: Google maps*



*Ilustración 6: Piscina de Azolla ubicada en la finca  
Fuente: Autor*

### **3.3.3. Metodología del análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se empleó el programa estadístico IBM SPSS Versión 25, en el que se llevó a cabo un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) para cada una de las variables que se plantearon en la investigación, de la misma forma para compararlas medias de los tratamientos y determinar si existe o no una diferencia estadística se aplicó el test de Duncan, con un intervalo del 95% de confiabilidad.

Tratamientos:

- T1 o testigo: Dieta basal (balanceado comercial)
- T2: Dieta a base de balanceado comercial con un reemplazo del 5% de Azolla spp.
- T3: Dieta a base de balanceado comercial con un reemplazo del 10% de Azolla spp.
- T4: Dieta a base de balanceado comercial con un reemplazo del 15% de Azolla spp.

De acuerdo al modelo matemático:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- $y_{ijk}$  = Valor de la variable respuesta de interés medida sobre la  $j$ ésima observación a la cual se aplicó el tratamiento.
- $\mu$  = Media de la población
- $T_i$  = Efecto de los tratamientos (1, 2, 3 y 4)
- $S_j$  = Efecto de las semanas de evaluación en los pollos de engorde (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7)
- $\varepsilon_{ijk}$  = Error del experimento sobre la  $j$ ésima de los tratamientos a la cual se le aplicó el  $i$ ésimo semanas.

Hipótesis:

$H_0$ : Los efectos de la inclusión de Azolla al 5%, 10% y 15%, en la alimentación de pollos no difieren en los parámetros productivos en comparación con el testigo.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$H_1$ : Los efectos de la inclusión de Azolla al 5%, 10% y 15%, en la alimentación de pollos difieren en los parámetros productivos en comparación con el testigo.

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$



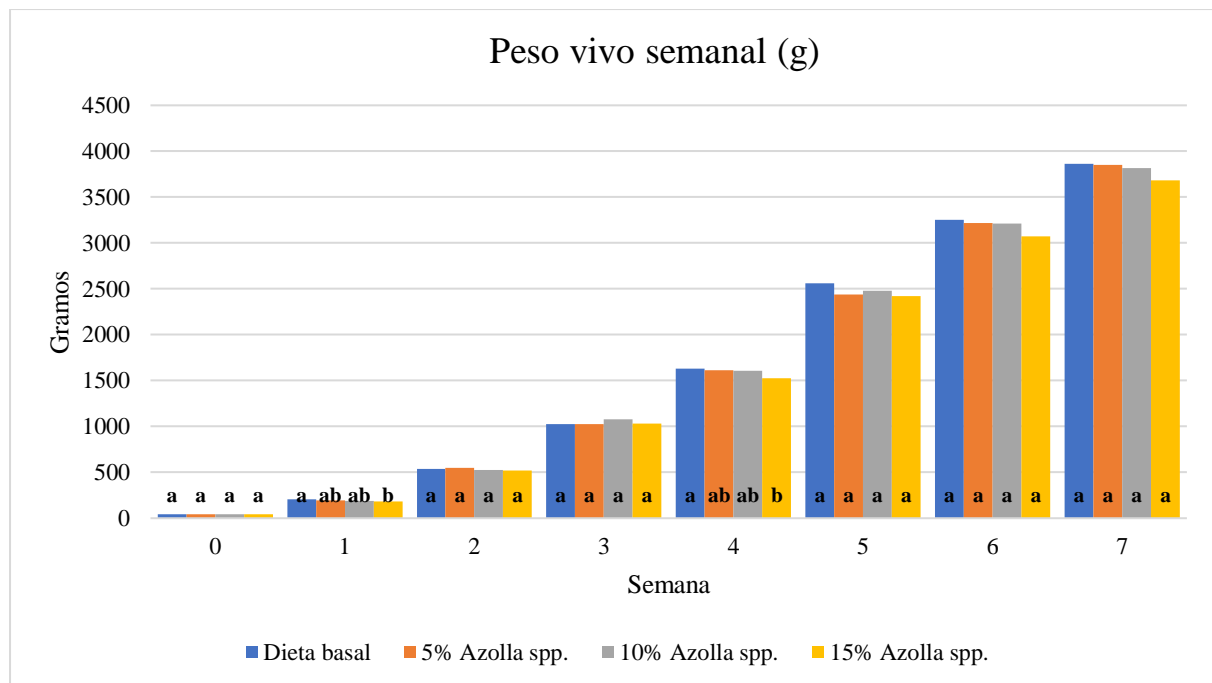
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación de la adición de la *Azolla* spp. sobre el peso vivo y ganancia de peso semanal.

*Tabla 3: Peso vivo de pollos semanal (g)*

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% <i>Azolla</i> spp.	10% <i>Azolla</i> spp.	15% <i>Azolla</i> spp.
0	0,431	44,35 <sup>a</sup>	43,58 <sup>a</sup>	43,58 <sup>a</sup>	43,50 <sup>a</sup>
1	0,047	204,48 <sup>a</sup>	193,53 <sup>ab</sup>	188,20 <sup>ab</sup>	183,85 <sup>b</sup>
2	0,353	539,83 <sup>a</sup>	547,30 <sup>a</sup>	525,75 <sup>a</sup>	521,68 <sup>a</sup>
3	0,304	1028,40 <sup>a</sup>	1025,68 <sup>a</sup>	1076,10 <sup>a</sup>	1034,38 <sup>a</sup>
4	0,049	1632,60 <sup>a</sup>	1611,20 <sup>ab</sup>	1609,54 <sup>ab</sup>	1524,85 <sup>b</sup>
5	0,380	2560,18 <sup>a</sup>	2441,20 <sup>a</sup>	2477,18 <sup>a</sup>	2421,85 <sup>a</sup>
6	0,259	3251,68 <sup>a</sup>	3219,03 <sup>a</sup>	3209,43 <sup>a</sup>	3070,54 <sup>a</sup>
7	0,327	3864,98 <sup>a</sup>	3853,85 <sup>a</sup>	3817,13 <sup>a</sup>	3682,26 <sup>a</sup>

Superíndice de diferencia (a, b)



*Ilustración 7: Peso vivo semanal (g)*

Al analizar la tabla 3, se determina que en la semana 0, 2, 3, 5, 6 y 7 no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, en la semana 1 y 4 si existe diferencia significativa, en ambos casos el grupo testigo (T1) fue mayor en comparación a los otros tratamientos, siendo la inclusión del 15% de azolla (T4) el tratamiento con los valores más bajos. El valor que fue aritméticamente superior en la última semana corresponde al grupo testigo (T1) alcanzando 3864,98 gramos, seguido por el T2, con inclusión del 5% de *Azolla*



spp., con 3853,85 gramos, mientras que el T3, con inclusión del 10%, y T4, con inclusión del 15%, alcanzaron valores de 3817,13 y 3682,26 gramos respectivamente.

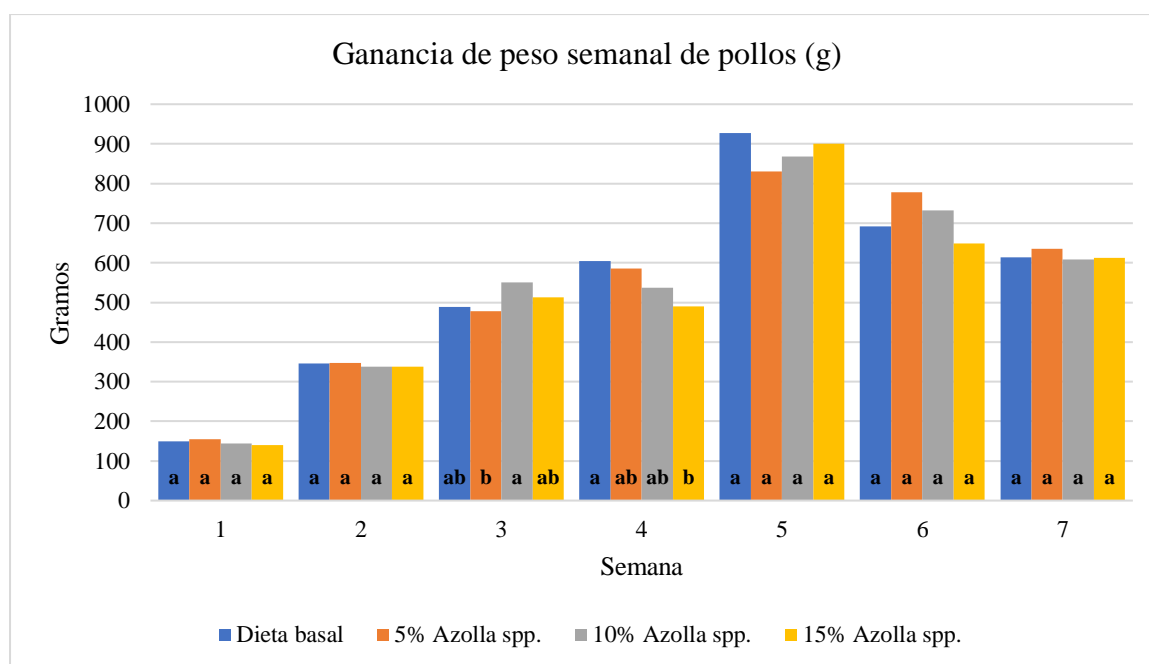
Los valores obtenidos en esta investigación no difieren de los que Subhudi y Singh obtuvieron en su estudio sobre el valor nutricional de la *Azolla pinnata*, que obtuvieron un crecimiento más rápido en el tratamiento donde se utilizó balanceado comercial más el 5% de inclusión de Azolla (18).

En cambio, los valores obtenidos en este experimento son diferentes con Kumar et al., que trabajaron con *Azolla pinnata* seca quienes obtuvieron una diferencia significativa al alimentar con el 5% y 7,5% (44). Asimismo, Kamel y Hamed consiguieron mayor peso semanal al trabajar con una inclusión del 12% de Azolla seca (45).

**Tabla 4:** Ganancia de peso semanal de pollos (g)

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% Azolla spp.	10% Azolla spp.	15% Azolla spp.
1	0,03	149,00 <sup>a</sup>	154,95 <sup>a</sup>	144,63 <sup>a</sup>	140,35 <sup>a</sup>
2	0,892	346,30 <sup>a</sup>	347,78 <sup>a</sup>	337,83 <sup>a</sup>	337,55 <sup>a</sup>
3	0,049	488,58 <sup>ab</sup>	478,38 <sup>b</sup>	550,35 <sup>a</sup>	512,70 <sup>ab</sup>
4	0,047	604,20 <sup>a</sup>	585,53 <sup>ab</sup>	537,49 <sup>ab</sup>	490,48 <sup>b</sup>
5	0,716	927,58 <sup>a</sup>	830,00 <sup>a</sup>	867,64 <sup>a</sup>	900,51 <sup>a</sup>
6	0,763	691,50 <sup>a</sup>	777,83 <sup>a</sup>	732,26 <sup>a</sup>	648,69 <sup>a</sup>
7	0,998	613,30 <sup>a</sup>	634,83 <sup>a</sup>	607,69 <sup>a</sup>	611,72 <sup>a</sup>

Superíndice de diferencia (a, b)



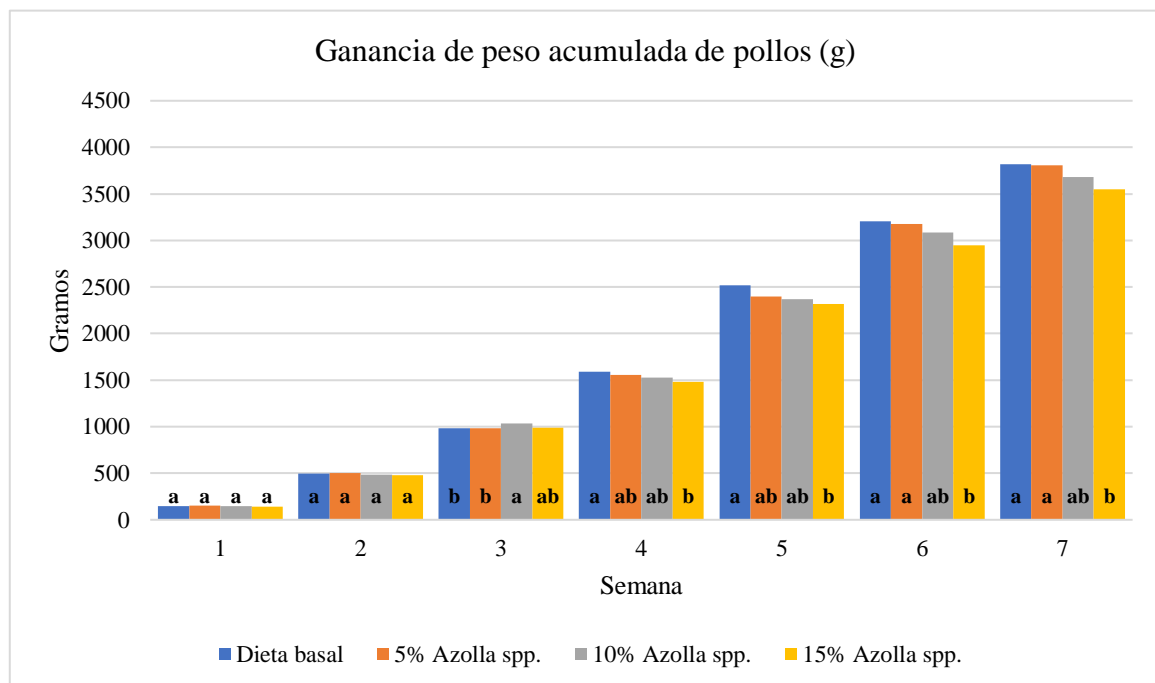
**Ilustración 8:** Ganancia de peso semanal (g)

En cuanto a la ganancia de peso semanal, se observa que en las semanas 1, 2, 5, 6 y 7 no existe diferencia significativa, pero en la semana 3 y 4 hay una diferencia significativa entre los tratamientos. En la tercera semana el tratamiento con la inclusión del 5% (T2) es significativamente inferior al compararlo con los demás tratamientos, siendo la inclusión del 10% (T3) la que es mayor en esta semana, y en la cuarta semana el grupo testigo (T1) es el mayor, mientras que la inclusión del 15% (T4) es significativamente menor.

*Tabla 5: Ganancia de peso acumulada (g)*

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% Azolla spp.	10% Azolla spp.	15% Azolla spp.
1	0,442	149,00a	154,95 <sup>a</sup>	144,63 <sup>a</sup>	140,35 <sup>a</sup>
2	0,602	495,30 <sup>a</sup>	502,73 <sup>a</sup>	482,18 <sup>a</sup>	478,18 <sup>a</sup>
3	0,049	983,88 <sup>b</sup>	981,10 <sup>b</sup>	1032,53 <sup>a</sup>	990,88 <sup>ab</sup>
4	0,047	1588,08 <sup>a</sup>	1556,63 <sup>ab</sup>	1525,73 <sup>ab</sup>	1481,35 <sup>b</sup>
5	0,048	2515,65 <sup>a</sup>	2396,63 <sup>ab</sup>	2371,68 <sup>ab</sup>	2317,50 <sup>b</sup>
6	0,036	3207,15 <sup>a</sup>	3174,45 <sup>a</sup>	3085,63 <sup>ab</sup>	2950,28 <sup>b</sup>
7	0,024	3820,45 <sup>a</sup>	3809,28 <sup>a</sup>	3678,13 <sup>ab</sup>	3546,70 <sup>b</sup>

Superíndice de diferencia (a, b)



*Ilustración 9: Ganancia de peso acumulada (g)*

Al observar la tabla 5, se determina que al finalizar el experimento hay diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento testigo (T1) junto a la inclusión del 5% (T2) mayores a los demás tratamientos, ocupando el lugar más bajo la inclusión del 15% (T4).

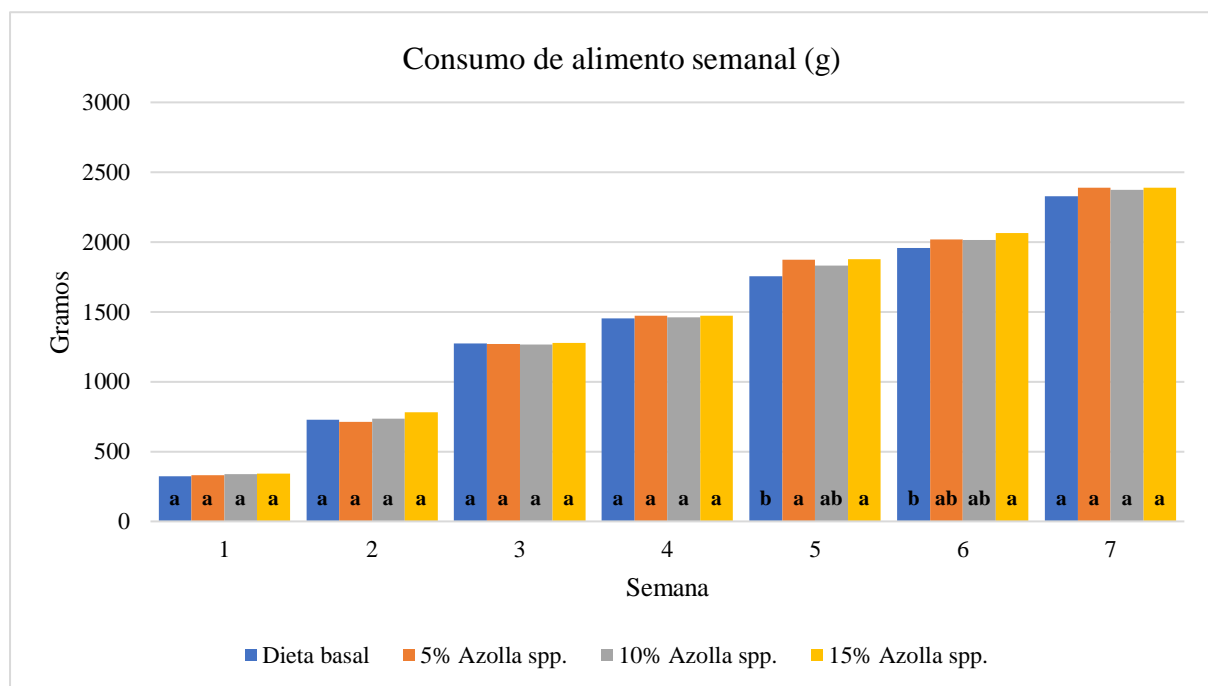
Estos valores difieren con Kumar et al., quienes obtuvieron diferencia significativa en la semana 1 y 6, con los valores más altos con la inclusión del 5%, 7,5% y 10% de Azolla en harina (44). Asimismo, Samad, et al., obtuvieron un aumento de peso significativamente más alto con la inclusión del 15% de Azolla spp (13). Kamel y Hamed, consiguieron los mejores valores con la inclusión del 12% de Azolla seca (45).

#### 4.2. Determinación de la adición de la Azolla spp. sobre el consumo de alimento e índice de conversión semanal.

*Tabla 6: Consumo de alimento semanal (g)*

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% Azolla spp.	10% Azolla spp.	15% Azolla spp.
1	0,992	324,928 <sup>a</sup>	331,107 <sup>a</sup>	337,000 <sup>a</sup>	341,500 <sup>a</sup>
2	0,898	728,286 <sup>a</sup>	712,893 <sup>a</sup>	734,286 <sup>a</sup>	782,250 <sup>a</sup>
3	1,000	1273,429 <sup>a</sup>	1270,500 <sup>a</sup>	1267,214 <sup>a</sup>	1277,857 <sup>a</sup>
4	0,884	1453,214 <sup>a</sup>	1470,536 <sup>a</sup>	1460,536 <sup>a</sup>	1470,571 <sup>a</sup>
5	0,022	1753,857 <sup>b</sup>	1871,929 <sup>a</sup>	1832,429 <sup>ab</sup>	1876,107 <sup>a</sup>
6	0,049	1958,929 <sup>b</sup>	2017,964 <sup>ab</sup>	2013,857 <sup>ab</sup>	2063,714 <sup>a</sup>
7	0,437	2329,607 <sup>a</sup>	2388,143 <sup>a</sup>	2373,571 <sup>a</sup>	2387,607 <sup>a</sup>

Superíndice de diferencia <sup>(a, b)</sup>



*Ilustración 10: Consumo de alimento semanal (g)*

La tabla 5, demuestra que, solo en la semana 5 y 6 existió diferencias significativas respecto al consumo de alimento, en donde, en ambas semanas el grupo testigo (T1) fue

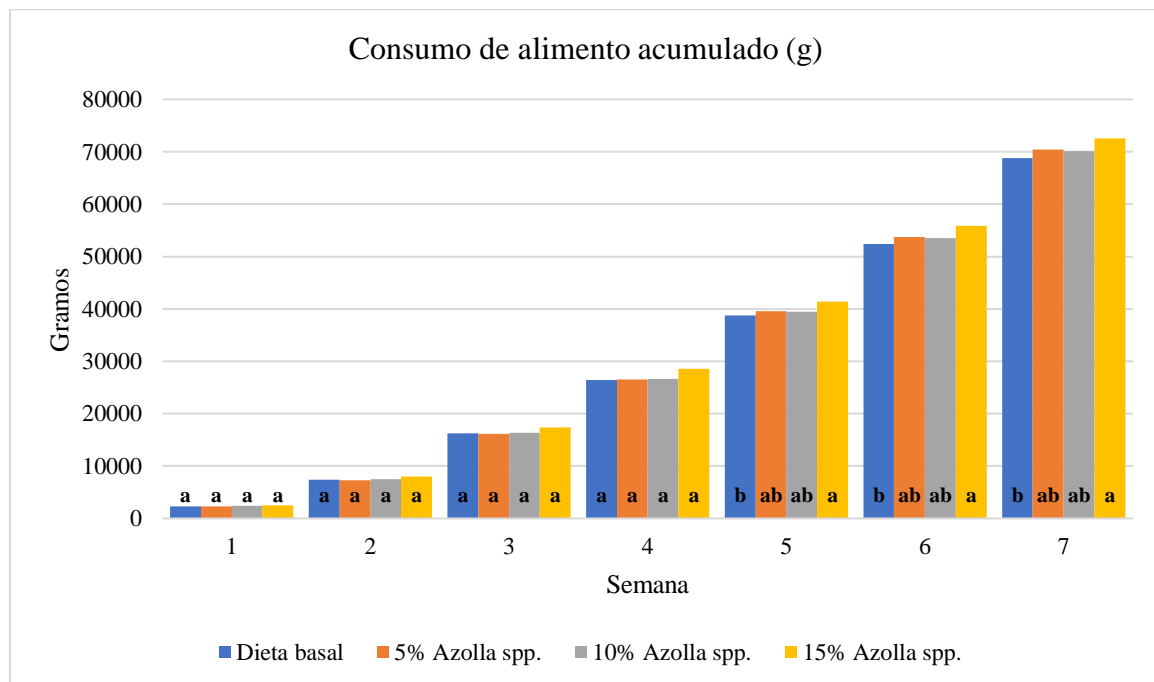
significativamente inferior al compararlo con los otros tratamientos, en la semana 5 la inclusión del 5% (T2) junto a la inclusión del 15% (T4) fueron superiores a los otros tratamientos, y en la semana 6 el tratamiento 4 fue superior al resto de tratamientos.

Kumar et al., (44) obtuvieron los niveles de consumo más altos con la inclusión del 7,5%, seguido por el 10% y obtuvo el consumo más bajo con la alimentación a base de balanceado, valores que no difieren con los obtenidos en este experimento.

*Tabla 7: Consumo de alimento acumulado (g)*

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% Azolla spp.	10% Azolla spp.	15% Azolla spp.
1	0,383	2274,50 <sup>a</sup>	2317,75 <sup>a</sup>	2390,50 <sup>a</sup>	2465,50 <sup>a</sup>
2	0,233	7372,50 <sup>a</sup>	7308,00 <sup>a</sup>	7499,00 <sup>a</sup>	8013,00 <sup>a</sup>
3	0,148	16286,50 <sup>a</sup>	16201,50 <sup>a</sup>	16369,50 <sup>a</sup>	17378,50 <sup>a</sup>
4	0,203	26459,00 <sup>a</sup>	26495,25 <sup>a</sup>	26593,25 <sup>a</sup>	28543,25 <sup>a</sup>
5	0,048	38736,00 <sup>b</sup>	39598,75 <sup>ab</sup>	39420,25 <sup>ab</sup>	41380,00 <sup>a</sup>
6	0,047	52448,50 <sup>b</sup>	53724,50 <sup>ab</sup>	53517,25 <sup>ab</sup>	55826,00 <sup>a</sup>
7	0,049	68755,75 <sup>b</sup>	70441,50 <sup>ab</sup>	70132 <sup>ab</sup>	72539,25 <sup>a</sup>

Superíndice de diferencia<sup>(a, b)</sup>



*Ilustración 11: Consumo de alimento acumulado (g)*

Se observa en la tabla 6 que, en cuanto al consumo de alimento acumulado, a partir de la semana 5 existe diferencias significativas entre los tratamientos siendo la inclusión del 15%

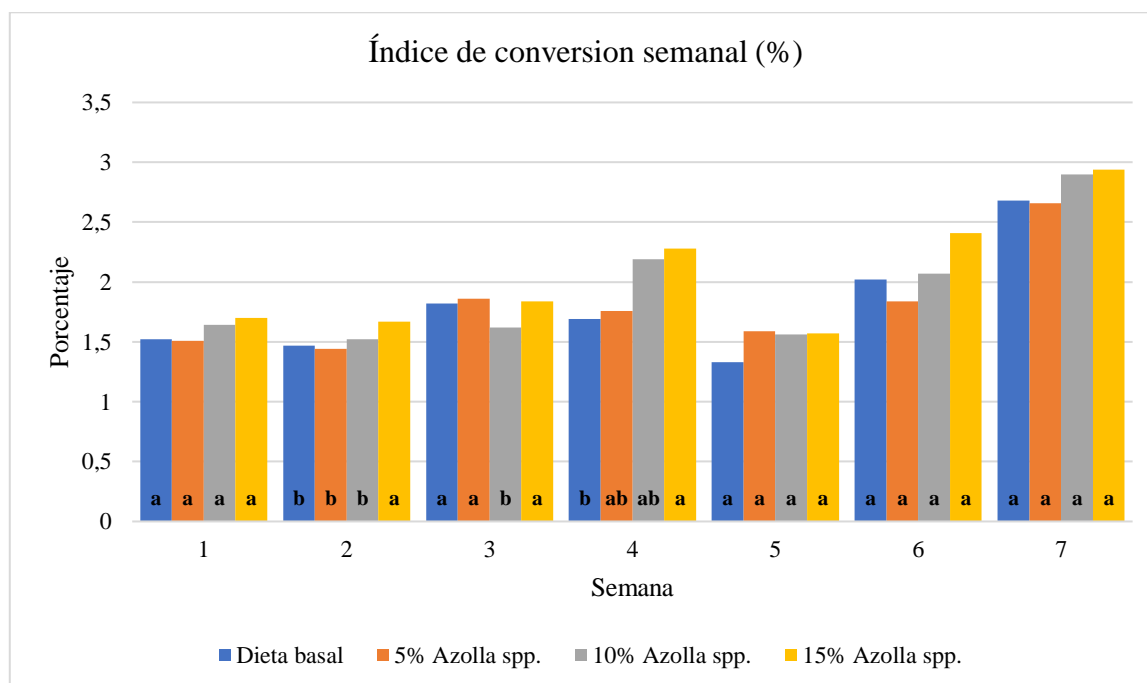
(T4) quien es significativamente mayor en todas las semanas restantes y el grupo testigo el menor.

Estos resultados difieren a los obtenidos por Samad, et al. (13), en su estudio para evaluar el efecto de la Azolla en el crecimiento y digestibilidad de pollos de engorde, donde definió que no hubo diferencia significativa en términos de consumo de alimento al incluir la Azolla en porcentajes del 5, 10 y 15 % respectivamente.

*Tabla 8: Índice de conversión semanal*

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% Azolla spp.	10% Azolla spp.	15% Azolla spp.
1	0,315	1,52 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,64 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>
2	0,045	1,47 <sup>b</sup>	1,44 <sup>b</sup>	1,52 <sup>b</sup>	1,67 <sup>a</sup>
3	0,048	1,82 <sup>a</sup>	1,86 <sup>a</sup>	1,62 <sup>b</sup>	1,84 <sup>a</sup>
4	0,047	1,69 <sup>b</sup>	1,76 <sup>ab</sup>	2,19 <sup>ab</sup>	2,28 <sup>a</sup>
5	0,146	1,33 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>
6	0,200	2,02 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	2,41 <sup>a</sup>
7	0,647	2,68 <sup>a</sup>	2,66 <sup>a</sup>	2,90 <sup>a</sup>	2,94 <sup>a</sup>

Superíndice de diferencia <sup>(a, b)</sup>



*Ilustración 12: Índice de conversión semanal (%)*

En cuanto al índice de conversión semanal, solo existió diferencias significativas en las semanas 2, 3 y 4. En la semana 2 la inclusión del 15% (T4) es distinto a los otros tratamientos; en la semana 3 la inclusión del 10% es diferente a los otros tratamientos,

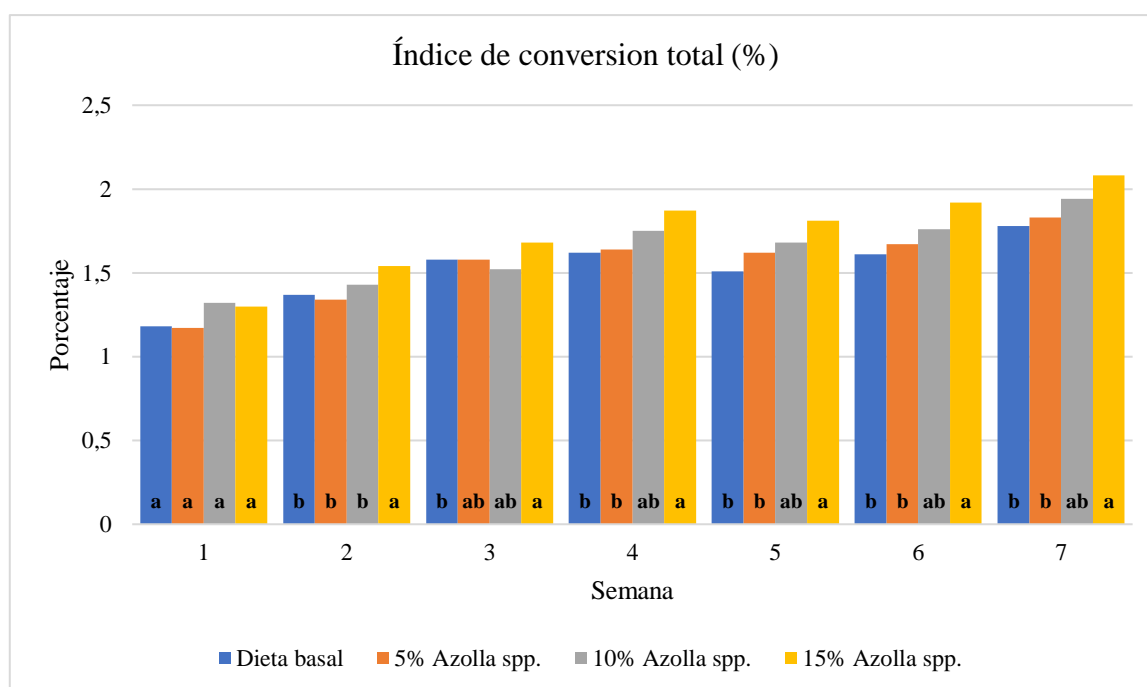
mientras que en la semana 4 el mayor valor lo alcanza la inclusión del 15% y el menor el grupo testigo (T1).

Kumar et al., (44) al trabaja con Azolla seca registraron el índice de conversión más bajo con la inclusión del 5% y los índices más altos con la inclusión del 7,5% y 10%, resultados similares a los obtenidos es este experimento.

*Tabla 9: Índice de conversión total (%)*

Semana	p-valor (0,05)	Tratamientos			
		Dieta basal	5% Azolla spp.	10% Azolla spp.	15% Azolla spp.
1	0,224	1,18 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>
2	0,002	1,37 <sup>b</sup>	1,34 <sup>b</sup>	1,43 <sup>b</sup>	1,54 <sup>a</sup>
3	0,040	1,58 <sup>b</sup>	1,58 <sup>ab</sup>	1,52 <sup>ab</sup>	1,68 <sup>a</sup>
4	0,047	1,62 <sup>b</sup>	1,64 <sup>b</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	1,87 <sup>a</sup>
5	0,045	1,51 <sup>b</sup>	1,62 <sup>b</sup>	1,68 <sup>ab</sup>	1,81 <sup>a</sup>
6	0,039	1,61 <sup>b</sup>	1,67 <sup>b</sup>	1,76 <sup>ab</sup>	1,92 <sup>a</sup>
7	0,048	1,78 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,94 <sup>ab</sup>	2,08 <sup>a</sup>

Superíndice de diferencia <sup>(a, b)</sup>



*Ilustración 13: Índice de conversión total (%)*

En la tabla 8, se muestra que a excepción de la semana 1, existe diferencias significativas en el resto de semanas, en donde la inclusión del 15% (T4) alcanza valores significativamente mas altos en todas las semanas y, en las últimas tres semanas el grupo testigo (T1) y la inclusión del 5% (T2), los más bajos.

Valores que coinciden con Islam y Nishibori (4), quienes obtuvieron el índice más alto (1,79) en el tratamiento con inclusión del 7% de Azolla en harina y el más bajo (1,48) en el tratamiento testigo a base de balanceado, en 35 días de experimentación (4).

En cambio, son diferentes a los obtenidos por Samad, et al., quienes definieron que no existió diferencia significativa en la tasa de conversión al incluir la azolla en porcentajes del 5, 10 y 15 % respectivamente (13). De igual manera Kumar et al., y Kamel y Hamel, manifiestan que el índice de conversión mejora con la inclusión de Azolla seca en la alimentación de pollos de engorde (44) (45).

## 5. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten determinar que la azolla puede reemplazar hasta un 5% el balanceado comercial en la alimentación de pollos de engorde sin afectar los parámetros productivos que normalmente se obtienen al realizar una crianza con una alimentación a base de balanceado comercial.
2. El peso vivo de los pollos no tuvo diferencias significativas en la última semana, sin embargo, aritméticamente el grupo testigo a base de balanceado comercial obtuvo el mejor peso vivo, seguido por el tratamiento 2 con la inclusión del 5%, luego del tratamiento 3 y 4, con inclusiones del 10 y 15% respectivamente.
3. Las inclusiones del 10 y 15% de azolla presentan diferencias aritméticas con los otros tratamientos, puesto que no responden positivamente a los valores que se esperan dentro de ganancia de peso, peso vivo e índice de conversión, sin embargo, el mayor consumo se alcanzó con el 15% de inclusión por lo que se puede establecer que la azolla fresca tiene una buena aceptación y palatabilidad para las aves.
4. Finalmente se concluye que la azolla posee las características nutritivas adecuadas para suplir los requerimientos nutricionales de los animales, constituyendo una fuente no convencional muy llamativa para la alimentación dentro del sector avícola, porque no afecta la salud y comportamiento animal, la salud del ser humano y es amigable con el medio ambiente.



## **6. RECOMENDACIONES**

- Con los resultados obtenidos se recomienda utilizar hasta un 5% de azolla fresca en la alimentación de los pollos de engorde, sin que esta afecte los rendimientos productivos de las aves.
- En futuras investigaciones, determinar el impacto económico de la inclusión de azolla en la alimentación de pollos de engorde.
- Investigar con otras presentaciones de *Azolla* spp. en forma deshidratada o secada al sol para para determinar su impacto en la alimentación animal y de esta manera generar más información de los beneficios de esta planta acuática.
- Realizar investigaciones, en busca de fuentes alimenticias alternativas no convencionales que pueden utilizarse en la alimentación de las aves y otras especies.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Rosales S. Estudio de MErcado Avícola enfocado a la Comercializacion del Pollo en Pie, año 2012-2014. [Online].; 2017. Available from: <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-AVCOLA-VERSION-PUBLICA.pdf>.
2. Méndez-Martínez Y, Pérez Y, Verdecia DM, Cortés-Jacinto E, Cevallos-Flaquez OF, Romero O. Efecto de la inclusión de harina de Azolla filiculoides en el crecimiento y supervivencia de alevines de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Cuban Jpurnal of Agricultural Science. 2019; 53(2): p. 289-198. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802019000300289&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802019000300289&script=sci_arttext&tlng=es)
3. Méndez-Martínez Y, Pérez-Tamames Y, Pérez JR, Jimenez VP. Azolla sp., un alimento de alto valor nutricional para la acuicultura. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. 2018; 20(1): p. 32-40. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/527/246>.
4. Islam M, Nishibori M. Use of multivitamin, acidifier and Azolla in the diet of broiler chickens. Asian-Australas J Anim Sci. 2017; 30(5): p. 683-689. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5411828/#b16-ajas-30-5-683>.
5. CONAVE. Estadísticas del sector avícola. [Online].; 2021. Available from: <https://www.conave.org/conave-presenta-las-estadisticas-del-sector-avicola/>.
6. Portela R. Especies invasoras (x): Azolla, el asombroso helecho de agua. [Online].; 2017 [cited 2022 29 enero. Available from: <https://cienciaybiologia.com/azolla-helecho-agua/#:~:text=Un%20uso%20que%20se%20ha,%2C%20cobre%2C%20zinc%20o%20plomo.>
7. Suárez J, González E. Las plantas acuáticas en un contexto de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. I. Azolla spp. Pastos y Forrajes. 2015; 21(1): p. 1-13. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01190067/document>.
8. CONAVE. El sector avicultor un potencial motor económico y laboral nacional.

- [Online].; 2021. Available from: <https://www.conave.org/el-sector-avicultor-un-potencial-motor-economico-y-laboral-nacional/>.
9. CONAVE. Importancia del sector avícola al país. [Online].; 2021. Available from: <https://www.conave.org/importancia-del-sector-avicola-al-pais/>.
  10. Cobb-Vantress. Cobb500™. [Online].; 2018 [cited 2022 enero 16. Available from: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/c8850fbe02/6998d7c0-12d1-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf>.
  11. Aviagen. Manual de manejo del pollo de engorde. [Online].; 2018. Available from: [https://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_Tech\\_Docs/Ross-BroilerHandbook2018-ES.pdf](https://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_Tech_Docs/Ross-BroilerHandbook2018-ES.pdf).
  12. Aviagen. Ross 308. [Online]. [cited 2022 febrero 26. Available from: <https://es.aviagen.com/brands/ross/products/ross-308>.
  13. Samad F, Idris L, Abu H, Meng Y, Chwen T. Effects of *Azolla* spp. as feed ingredient on the growth performance and nutrient digestibility of broiler chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jpn.13345>
  14. Leterme P, Londoño AM, Ordoñez DC, Rosales A, Estrada F, Bindelle J, et al. Nutritional value and intake of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. y *Salvinia molesta* Mitchell) in sows. *Animal Feed Science and Technology*. 2009 Octubre 6;: p. 55-64. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840108001478>
  15. Qiu YL, Yu J. *Azolla*- A model Organism for Plant Genomic Studies. *Genomic Proteomics Bioinformatics*. 2003; 1(1): p. 15-25. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5172247/>
  16. Kollah B, Patra A, Mohanty S. Aquatic microphylla *Azolla*: a perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate change. *Eviron Sci Pollut Res*. 2015; 23(5). Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-015-5857-9>

17. Vilariño VS. Recopilacion de informacion, diagnóstico y medidas de gestion sobre especies exóticas invasoras dentro del ámbito del proyecto LIFE11 NAT ES/699 MEDWETRIVERS: Sociedad Pública de Infraestructuras y Medio Ambiente de Castilla y León S.A. (SOMACYL).; 2015. Disponible en: [http://www.lifemedwetrivers.eu/sites/default/files/documentos/lifemwr\\_memoria\\_eei\\_reducido.pdf](http://www.lifemedwetrivers.eu/sites/default/files/documentos/lifemwr_memoria_eei_reducido.pdf)
18. Subudhi BP, Singh PK. Nutritive value of the water fern *Azolla pinnata* for chicks. *Poultry Science*. 1978;: p. 378-380. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119550428>
19. Brouwer P, Brautigam A, Kulahoglu C, Tazelaar A, Kurz S, Nierop H, et al. *Azolla* domestication toward a biobased economy? *New Phytologist Foundation*. 2014; 202(3): p. 1069-1082. Available from: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12708>
20. Méndez-Martínez Y, Torres-Navarrete YG, Pérez-Tamames Y, Reyes-Pérez JJ, Ribera JLRdl, Casaco ARB, et al. Efecto de la fertilización en el rendimiento de *Azolla filiculoides*, un alimento para acuicultura. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 2017; 18(12): p. 1-8. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63654640019.pdf>.
21. Intriago LR, González OV, Jaramillo MC, Delgado IR. Comportamiento de la azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Revista Cumbres*. 2017; 3(2): p. 95-105. Disponible en: <https://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/192/179>.
22. Anitha K, Rajeshwari Y, Prasanna S, Shree S. Nutritive evaluation of *Azolla* as livestock Feed. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 2016. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/310392102\\_Nutritive\\_evaluation\\_of\\_azolla\\_as\\_livestock\\_feed/link/59dc59460f7e9b1460fd137b/download](https://www.researchgate.net/publication/310392102_Nutritive_evaluation_of_azolla_as_livestock_feed/link/59dc59460f7e9b1460fd137b/download).
23. Varadharajan A, Gnanasekar R, Kothandaraman S. Studies on feeding value of azolla in quails in relationship to its carcass traits. *Tha Pharma Innovation Journal*. 2019; 8(4). Available from: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartR/8-4-124-734.pdf>.

24. Thapa P, Poudel K. Azolla: Potential biofertilizer for increasing rice productivity, and government policy for implementation. *Journal of Wastes and Biomass Management*. 2021 July; 3(2). Available from: <https://jwbm.com.my/archives/2jwbm2021/2jwbm2021-62-68.pdf>
25. Castro R, Novo R, Castro RI. Uso del género Azolla como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*. 2002; 23(4): p. 5-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218135001.pdf>
26. Aldás-Jarrín Juan Carlos\* ZVJHCTSEVALAPTPLGOA. Efecto biofertilizante de azolla - anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 2016; 4(2). Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-3859201600020000](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-3859201600020000)
27. Maswada H, El-Razek UA, A AN, El-Sheshtawy , Mazrou Y. Efect of Azolla fliculoides on Growth, Physiological and Yield Attributes of Maize Grown under Water and Nitrogen Defciencies. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2020 April. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-020-10120-5>
28. Azhar M, Pervez S, Panda B, Gupta S. Cultivation, Processing and Analysis of Azolla Microphylla and Azolla Caroliniana as Potential Source for Nutraceutical Ingredients. *SSRG International Journal of Agriculture & Environment Science*. 2018 May-June; 51(3). Available from: <https://www.internationaljournalsrg.org/IJAES/2018/Volume5-Issue3/IJAES-V5I3P102.pdf>
29. Banach A, Kuzniar A, Grzadziel J, Wolinska A. Azolla filiculoides L. as a source of metal-tolerant microorganisms. *PLoS One*. 2020 May; 15(5). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7202617/>
30. Akhtar M, Sarwar N, Ashraf A, Ejaz A, Ali S, Rizwan M. Beneficial role of Azolla sp. in paddy soils and their use as bioremediators in polluted aqueous environments: Implications and future perspectives. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020 June; 67(9): p. 1242-1255. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/342349541\\_Beneficial\\_role\\_of\\_Azolla\\_sp\\_in\\_paddy\\_soils\\_and\\_their\\_use\\_as\\_bioremediators\\_in\\_polluted\\_aqueous\\_environments\\_Imp](https://www.researchgate.net/publication/342349541_Beneficial_role_of_Azolla_sp_in_paddy_soils_and_their_use_as_bioremediators_in_polluted_aqueous_environments_Imp)

31. Miranda AF, Biswas B, Ramkumar N, Singh R, Kumar J, James A, et al. Aquatic plant Azolla as the universal feedstock for biofuel production. *Biotechnology for Biofuels*. 2016; 9(221). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5069886/>
32. Khodadad E, Derakhshi P, Rabbani M, Mooraki N. Pollutant removal from dairy wastewater using live Azolla filiculoides in batch and continuous bioreactors. *Water environment Research*. 2021 May; 93(10). Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wer.1586>
33. Brouwer P, Schlupepmann H, Nierop K, Elderson J, Bijl P, Meer IVD, et al. Growing Azolla to produce sustainable protein feed: the effect of differing species and CO<sub>2</sub> concentrations on biomass productivity and chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018 March; 98(12): p. 4759-4768. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.9016>
34. Méndez-Martínez Y, Ramírez J, Álvarez A, Leyva L, Pérez Y. Sustitución parcial del concentrado comercial por harina de Azolla filiculoides en la respuesta productiva de *Oryctolagus cuniculus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2019; 53(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802019000200149&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000200149&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
35. Mosha S. A Review on Significance of Azolla Meal as a Protein Plant Source in Finfish Culture. *Journal of Aquaculture Research & Development*. 2018. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Sebastian-Mosha/publication/327097607\\_A\\_Review\\_on\\_Significance\\_of\\_Azolla\\_Meal\\_as\\_a\\_Protein\\_Plant\\_Source\\_in\\_Finfish\\_Culture/links/5b77c1204585151fd11ccf97/A-Review-on-Significance-of-Azolla-Meal-as-a-Protein-Plant-Sourc](https://www.researchgate.net/profile/Sebastian-Mosha/publication/327097607_A_Review_on_Significance_of_Azolla_Meal_as_a_Protein_Plant_Source_in_Finfish_Culture/links/5b77c1204585151fd11ccf97/A-Review-on-Significance-of-Azolla-Meal-as-a-Protein-Plant-Sourc)
36. Rahmah S, Nasrah U, Lim LS, Dahlianis S, Helmi M, Liew H. Aquaculture wastewater-raised Azolla as partial alternative dietary protein for *Pangasius catfish*. *Environmental Research*. 2022 May; 208(15). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935122000457?via%3Dihub>

37. Soren P, Kumar P. Efficacy of *Azolla pinnata* as an adjunct to increase poultry weight, egg production and egg weight. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2020 February ; 8(2): p. 42-45. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802019000200149&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000200149&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
38. Abdelatty AM, Mandouh MI, Mousa MR, Mansour HA, Ford H, Shaheed IB, et al. Sun-dried *Azolla* leaf meal at 10% dietary inclusion improved growth, meat quality, and increased skeletal muscle Ribosomal protein S6 kinase  $\beta$ 1 abundance in growing rabbit. *Animal*. 2021; 15(10). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731121001919?via%3Dihub>
39. Bueñaño-Bueñaño J, Nuñez-Torres P, Barros-Rodríguez M, Rosero-Peñaherrera M, Lozada-Salcedo E, Guishca-Cunuhay C, et al. Efecto de la inclusión de *Azolla* en la dieta de codornices japonesas sobre el consumo voluntario, digestibilidad aparente y producción de huevos. *Revista de investigaciones Veterinarias del Perú*. 2018; 29(1). Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172018000100016](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000100016)
40. Shukla M, Bhattacharyya A, Kumar P, Roy D, Yadav B, Sirohi R. Effect of *Azolla* feeding on the growth, feed conversion ratio, blood biochemical attributes and immune competence traits of growing turkeys. *Veterinary World*. 2018; 11(4). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5960784/>
41. Abd El-Ghany WA. A review on the Use of *Azolla* Species in Poultry Production. *Journal of World's Poultry Research*. 2020 June; 10(2): p. 378-384. Available from: <https://oaji.net/articles/2020/2246-1597589580.pdf>
42. Abdelatty AM, Mandouh MI, Al-Mokaddem AK, Khalil HA, Elolimy AA, Ford H, et al. Influence of level of inclusion of *Azolla* leaf meal on growth performance, meat quality and skeletal muscle p70S6 kinase  $\alpha$  abundance in broiler chickens. *Animal*. 2020; 14(11): p. 2423-2432. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120001421?via%3Dihub>
43. Shambhvi , Katoch S, Chauhan P, Mane B. Effect of feeding *Azolla pinnata* in combination with direct-fed microbial on broiler performance. *Tropical Animal Health*

and Production. 2020 October; 53(1). Available from:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-020-02437-w>

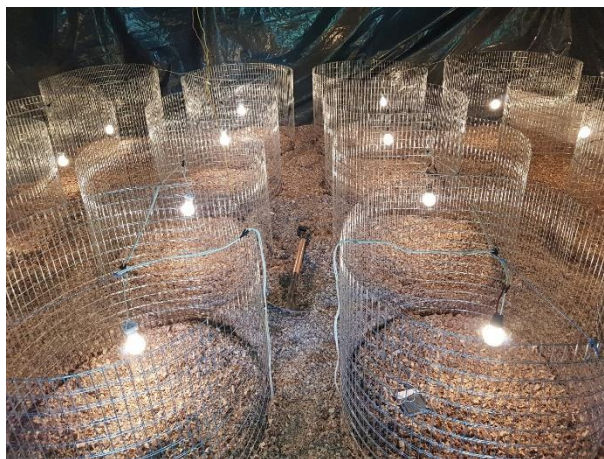
44. Kumar M, Dhuria R, Jain D, Sharma T, Nehra R, Prajapat U. Effect of feeding *Azolla pinnata* on the growth and performance of broiler chicks. *International Journal of Chemical Studies*. 2018; 6(3): p. 3284-3290. Available from:  
<https://www.chemijournal.com/archives/2018/vol6issue3/PartAV/6-3-487-338.pdf>
45. Kamel E, Hamed E. Effect of Dried *Azolla* on Growth Performance, Hematological, Biochemical, Antioxidant Parameters, and Economic Efficiency of Broiler Chickens. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2021; 9(11): p. 1886-1894. Available from:  
[https://www.researchgate.net/publication/355136545\\_Effect\\_of\\_Dried\\_Azolla\\_on\\_Growth\\_Performance\\_Hematological\\_Biochemical\\_Antioxidant\\_Parameters\\_and\\_Economic\\_Efficiency\\_of\\_Broiler\\_Chickens](https://www.researchgate.net/publication/355136545_Effect_of_Dried_Azolla_on_Growth_Performance_Hematological_Biochemical_Antioxidant_Parameters_and_Economic_Efficiency_of_Broiler_Chickens)



## 8. ANEXOS



*Anexo 1: Fumigación del galpón*



*Anexo 2: Colocación cortinas, jaulas y focos en el área experimental*



*Anexo 3: Preparación del agua vitaminizada*



*Anexo 4: Distribución de los tratamientos al azar y colocación de bebederos*



*Anexo 5: Recibimiento y pesaje de pollitos*



*Anexo 6: Distribución al azar de pollitos en las unidades experimentales*



*Anexo 7: Vacunas Gumboro (Gumbo-Vac) y New Castle (New+Bron)*



*Anexo 8: Vacunación via ocular*



*Anexo 9: Mezcla de balanceado y Azolla spp.*





*Anexo 10: Alimentación de las aves*



*Anexo 11: Azolla spp.*



*Anexo 12: Extracción de Azolla spp.*



*Anexo 13: Mantenimiento de la Azolla spp. en el exterior del galpón*



*Anexo 14: Consumo de Azolla spp.*



*Anexo 15: Lavado del equipo*



*Anexo 16: Pesaje semana 7*