

**Estrategia de fortalecimiento para el proyecto de Avicultura de la Colonia penal de Oriente  
de Acacias, Meta**

Nelli Cristina Gómez Rodríguez

Asesor

Javier Alirio Martínez Beltrán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Zootecnia

2024

### **Dedicatoria**

A mi amada hija, Kristhina Barrero Gómez, quien ilumina mi vida con su alegría y me motiva a seguir adelante cada día.

Este trabajo es un reflejo del esfuerzo, la perseverancia y la pasión por alcanzar los sueños, valores que deseo que te acompañen siempre en tu camino. Que cada página de este proyecto sea un recordatorio de que no hay obstáculos imposibles de superar cuando se tiene determinación y amor por lo que se hace.

Kristhina, quiero que nunca te rindas, que siempre creas en ti misma y que sigas persiguiendo tus metas con la certeza de que todo es posible. Este logro también es tuyo, porque eres mi mayor inspiración.

## **Agradecimientos**

A Dios, por brindarme la fuerza, la perseverancia y la sabiduría necesarias para afrontar cada desafío en este proceso académico y profesional.

A mi madre, María Rodríguez, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus enseñanzas, que han sido la base de mi formación como persona y profesional. Y a mi hija, Kristhina Barrero Gómez, mi mayor inspiración y motivo para seguir adelante, cuya presencia en mi vida me impulsa a alcanzar mis metas con esfuerzo y dedicación. Finalmente, a mi familia, por su respaldo inquebrantable, su comprensión y su compañía en cada paso de este camino, siendo un pilar fundamental en mi desarrollo personal y académico.

A la Colonia Penal de Oriente, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, permitiendo la aplicación del conocimiento en un entorno real y contribuyendo a la mejora de su sistema productivo.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y a la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, por la formación integral, las herramientas académicas y el acompañamiento que hicieron posible la realización de este trabajo, fomentando el compromiso con el desarrollo sostenible y la innovación en el sector agropecuario.

A cada persona que, de una u otra forma, aportó su conocimiento, tiempo y esfuerzo en este proceso, mi más sincero agradecimiento.

## Resumen

La avicultura representa uno de los sectores más dinámicos y en crecimiento de la agricultura Colombiana (Revista Avicultores, 2024), donde la alimentación representa una parte significativa de los costos totales de producción, alcanzando aproximadamente el 70% en la cría de pollos de engorde y el 44% en la producción de huevos (CCB 2021). Esta investigación evaluó el efecto de la sustitución parcial del alimento balanceado comercial con forrajes de botón de oro y ramio en la dieta de gallinas ponedoras Hy-Line Brown en la Colonia Penal de Oriente de Acacías, Meta. El objetivo fue proponer un método de alimentación alternativo y sostenible. Para ello, se diseñó un programa de alimentación con tres tratamientos aplicados de forma aleatoria: un grupo control con el 100% de alimento balanceado comercial (120 g/día), un tratamiento (1) con 70% de alimento balanceado y 30% de forraje verde, y otro (2) con 50% de alimento balanceado y 50% de forraje verde. En una muestra de 300 gallinas ponedoras, se evaluaron parámetros productivos como el porcentaje de postura, el peso del huevo, el color de la yema y el grosor de la cáscara. Los resultados indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de postura ni en el peso promedio del huevo entre los tratamientos. No obstante, se observaron mejoras significativas en la pigmentación de la yema y en el grosor de la cáscara en proporción al aumento de la inclusión de forraje verde. Se concluye que la sustitución parcial del alimento balanceado con hasta un 50% de forraje verde es una alternativa viable que mejora la calidad del huevo, específicamente en la pigmentación de la yema y el grosor de la cáscara, sin afectar otros parámetros productivos. Estos hallazgos sugieren que la implementación de metodologías de alimentación alternativa puede contribuir al desarrollo de sistemas avícolas más eficientes y sostenibles.

***Palabras clave.*** Avicultura alternativa, alimentación avícola, gallinas ponedoras, forraje verde, producción de huevos.

## Abstract

Poultry farming represents one of the most dynamic and growing sectors of Colombian agriculture (Revista Avicultores, 2024), where feed accounts for a significant portion of total production costs, reaching approximately 70% in broiler farming and 44% in egg production (CCB, 2021). This research evaluated the effect of the partial replacement of commercial balanced feed with Botón de Oro and Ramio forages in the diet of Hy-Line Brown laying hens at the Colonia Penal de Oriente in Acacías, Meta. The objective was to propose an alternative and sustainable feeding method. To achieve this, a feeding program was designed with three treatments applied randomly: a control group with 100% commercial balanced feed (120 g/day), Treatment 1 with 70% balanced feed and 30% green forage, and Treatment 2 with 50% balanced feed and 50% green forage. In a sample of 300 laying hens, productive parameters such as laying percentage, egg weight, yolk color, and eggshell thickness were evaluated. The results indicated that there were no statistically significant differences in the laying percentage or average egg weight among the treatments. However, significant improvements were observed in yolk pigmentation and eggshell thickness in proportion to the increase in green forage inclusion. It is concluded that the partial substitution of balanced feed with up to 50% green forage is a viable alternative that enhances egg quality, specifically in yolk pigmentation and eggshell thickness, without affecting other productive parameters. These findings suggest that implementing alternative feeding methodologies may contribute to the development of more efficient and sustainable poultry production systems.

**Keywords.** Alternative pultry farming, poultry feed, laying hens, green forage, egg production.

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| Introducción .....  | 12 |
| Objetivos .....   | 14 |
| Objetivo General .....  | 14 |
| Objetivos Específicos .....   | 14 |
| Justificación .....   | 15 |
| Marco teórico y referencial .....   | 18 |
| Colonia Agrícola de Acacias: Reseña Histórica .....                           | 18 |
| Sector Avícola .....  | 19 |
| Raza Utilizada en la Producción de Huevo .....                                | 20 |
| Formas de Producción Avícola .....  | 21 |
| Producción Tradicional .....  | 21 |
| Producción Alternativa Avícola y Variación en el Modelo de Alimentación ..... | 22 |
| Valor nutricional del Forraje a utilizar .....                                | 22 |
| Metodología .....   | 27 |
| Definición de las Condiciones de Tratamiento Y Muestreo .....                 | 27 |
| Distribución del Alimento por Tratamiento .....                               | 28 |
| Metodología del Muestreo .....  | 32 |
| Selección de Parámetros de Análisis .....                                     | 34 |
| Análisis de la Información .....  | 37 |

|   |    |
|---|----|
| Componentes Generales de las Tablas Andeva.....   | 38 |
| Determinación de Costos .....   | 40 |
| Resultados.....   | 43 |
| Diagnóstico Productivo del Sistema Avícola en la Colonia Penal de Oriente de Acacias .....                        | 43 |
| Capacidad Instalada de la Granja del Proyecto Avicultura con Gallina Ponedora .....                               | 44 |
| Deficiencias, necesidades y oportunidades .....   | 48 |
| Programa de Sustitución Parcial del Alimento Comercial por Forraje Verde .....                                    | 49 |
| Impacto en los Parámetros Productivos Clave de las Gallinas Ponedoras con la<br>Implementación del Programa ..... | 51 |
| Porcentaje de Postura.....  | 51 |
| Peso Promedio .....   | 52 |
| Coloración de la Yema .....   | 53 |
| Grosor Cascara .....  | 55 |
| Discusión.....  | 57 |
| Conclusiones.....   | 59 |
| Recomendaciones .....   | 61 |
| Referencias Bibliográficas .....  | 63 |

## Lista de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Requerimiento nutricional para gallina ponedora.</i> .....                                      | 21 |
| <b>Tabla 2</b> <i>Valor nutricional del Botón de oro.</i> .....   | 23 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Valor nutricional del Ramio.</i> .....  | 25 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Composición garantizada alimento balanceado (40 kg) Ponedoras I de la marca Solla.</i><br>..... | 29 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Forraje verde para utilizar.</i> .....  | 30 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Inclusión de forraje verde en los tratamientos.</i> .....                                       | 30 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Distribución nutricional por tratamiento.</i> .....   | 31 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Dieta aplicada por tratamiento</i> .....  | 32 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Costo del alimento balanceado (COP)</i> .....   | 40 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Calculo del costo Forraje.</i> .....   | 41 |
| <b>Tabla 11</b> <i>Distribución de los costos de alimentación por tratamiento</i> .....                           | 41 |
| <b>Tabla 12</b> <i>Calculo del costo total de alimentación por tratamiento.</i> .....                             | 41 |
| <b>Tabla 13</b> <i>Cálculo de Costos Fijos y Variables</i> .....  | 42 |
| <b>Tabla 14</b> <i>Composición garantizada alimento balanceado (40 kg) Ponedoras I de la marca Solla.</i> .....   | 42 |
| <b>Tabla 15</b> <i>Programa de alimentación alternativa experimental al azar.</i> .....                           | 50 |

## Lista de Figuras

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Lista 1</b>  | <i>Colonia Agrícola de Acacias Meta.</i>   | 18 |
| <b>Lista 2</b>  | <i>Clasificación del PIB avícola a nivel departamental 2020 (%)</i>                      | 20 |
| <b>Lista 3</b>  | <i>Raza Hy line Brown.</i>   | 20 |
| <b>Lista 4</b>  | <i>Botón de Oro</i>  | 22 |
| <b>Lista 5</b>  | <i>Planta de Ramio utilizada como fuente de alimento animal.</i>                         | 24 |
| <b>Lista 6</b>  | <i>Materiales utilizados</i>   | 35 |
| <b>Lista 7</b>  | <i>Abanico de Roche.</i>   | 35 |
| <b>Lista 8</b>  | <i>Instalaciones sistema de producción avícola colonia penal.</i>                        | 44 |
| <b>Lista 9</b>  | <i>Sistema de bebederos colonia penal</i>  | 45 |
| <b>Lista 10</b> | <i>Gallinero</i>   | 47 |
| <b>Lista 11</b> | <i>Clasificadora de huevos artesanal colonia penal.</i>                                  | 47 |
| <b>Lista 12</b> | <i>Porcentaje de postura entre los tratamientos testigo, tratamiento 1 y 2</i>           | 51 |
| <b>Lista 13</b> | <i>Peso promedio de huevos entre los tratamientos testigo, tratamientos 1 y 2</i>        | 52 |
| <b>Lista 14</b> | <i>Color de yema de huevos para los tratamientos testigo, tratamiento 1 y 2.</i>         | 53 |
| <b>Lista 15</b> | <i>Coloración de yema Testigo.</i>   | 54 |
| <b>Lista 16</b> | <i>Coloración yema tratamiento 1.</i>  | 54 |
| <b>Lista 17</b> | <i>Coloración yema de huevo tratamiento 2</i>  | 55 |
| <b>Lista 18</b> | <i>Grosor de la cascara de huevos entre los tratamientos testigo, tratamientos 1 y 2</i> | 55 |

**Lista de Apéndices**

|   |    |
|---|----|
| <b>Apéndice A</b> <i>Análisis Andeva</i> .....              | 69 |
| <b>Apéndice B</b> <i>Fotos de la toma de muestras</i> ..... | 72 |

## Introducción

La avicultura en Colombia ha sido uno de los sectores más dinámicos de la agricultura, ocupando el segundo lugar entre las actividades agrícolas después de la ganadería de carne y leche (Bohórquez A., 2024). Su importancia radica en su contribución a la seguridad alimentaria, el empleo y el desarrollo económico del país. Sin embargo, enfrenta un desafío significativo: los altos costos de producción, de los cuales la alimentación representa entre el 40% y el 70% del total, dependiendo del segmento (producción de pollos de engorde o de huevos) (CCB, 2021). Este elevado costo está influenciado, en gran medida, por la dependencia de materias primas importadas, ya que aproximadamente el 80% de los insumos para la producción de alimento balanceado provienen del exterior (Superintendencia de Industria y Comercio, 2012).

Ante este panorama, se hace necesario evaluar alternativas alimenticias que permitan reducir los costos sin comprometer los parámetros productivos. En este sentido, el uso de plantas forrajeras como el botón de oro ( *Tithonia diversifolia* ) y el ramio ( *Boehmeria nivea* ) ha demostrado potencial como fuente alternativa de proteínas, con contenidos proteicos entre el 24% y el 26% (Mahecha & Rosales, 2005). Investigaciones previas han evidenciado que estas especies pueden incluirse en la alimentación avícola sin afectar la producción: el botón de oro hasta en un 15% en gallinas ponedoras (Odunsi et al, 1996 citados por Mahecha y Rosales (2005) y el ramio hasta en un 10%, manteniendo buenos índices productivos (Moran y Daqui, s.f citados por Navarro Flórez, 2018).

En este contexto, la presente investigación busca evaluar el efecto de la sustitución parcial del alimento comercial por forrajes de botón de oro y ramio en la dieta de gallinas ponedoras Hy-Line Brown, analizando su impacto en parámetros productivos clave. Para ello, se

implementará un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos en la Colonia Penal de Oriente, en Acacías, Meta. La metodología seguirá enfoques similares a los empleados por Valencia et al, (2012) citado por Navarro Flórez, (2018) y Rodríguez et al., (2018).

La relevancia de este estudio radica en que podría proporcionar una alternativa viable para pequeños y medianos productores avícolas, quienes son particularmente afectados por el alto costo del alimento balanceado. Además, la incorporación de forrajes locales favorece la sostenibilidad y reduce la dependencia de insumos importados. Los resultados obtenidos pueden contribuir al desarrollo de sistemas de producción avícola más eficientes, económicamente viables y ambientalmente sostenibles en el contexto colombiano.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Implementar un programa de alimentación alternativa para gallinas ponedoras en el campamento central de la Colonia Penal de Oriente, en Acacías, Meta, basado en la sustitución parcial del alimento balanceado comercial por forraje verde.

### **Objetivos Específicos**

Realizar un diagnóstico productivo del sistema avícola establecido en la Colonia Penal de Oriente, en el municipio de Acacías.

Establecer un programa de sustitución parcial del alimento comercial por forraje verde en aves de postura, considerando tres tratamientos con diferentes proporciones de forraje en la dieta.

Evaluar el impacto del programa de alimentación en los parámetros productivos de las gallinas ponedoras, analizando el porcentaje de postura, el peso del huevo, el color de la yema y el grosor de la cáscara.

## Justificación

La avicultura en Colombia ha sido una de las actividades más dinámicas del sector pecuario, representando en 2013 el 36.8% del valor de la producción pecuaria y el 13.9% de la producción agropecuaria del país, superando incluso la participación del café (8.3%) (Aguilera, 2014). Dentro de esta industria, la producción de huevos constituye el 28.1% del valor total, alcanzando los 11.127 millones de unidades en 2013, con un crecimiento promedio anual del 3.8% entre 2005 y 2013. Sin embargo, los altos costos de alimentación, que representan entre el 65% y el 70% del costo total de producción (Aguilera, 2014), plantean la necesidad de estrategias sustentables para la reducción de gastos sin comprometer la productividad y calidad del huevo.

En este contexto, la implementación de un programa de alimentación alternativa basado en la sustitución parcial del alimento balanceado comercial con forraje verde, se alinea con los principios de producción sostenible y economía circular, promovidos por la Agenda 2030 y el Plan Nacional de Desarrollo "Colombia Potencia Mundial de la Vida 2022-2026" (DNP, 2023; Naciones Unidas, 2020). La inclusión de recursos forrajeros como el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y Ramio (*Boehmeria nivea*) ha sido ampliamente estudiada por su potencial nutricional y su capacidad para reducir la dependencia de insumos comerciales (Carranco et al., 2019; Mahecha & Rosales, 2005).

Estudios previos han demostrado que la incorporación de hasta un 15% de harina de hojas de botón de oro en la dieta de gallinas ponedoras no afecta la producción de huevos ni su calidad (Odunsi et al, 1996, citados por Mahecha & Rosales, 2005). Asimismo, la suplementación con Ramio ha mostrado efectos positivos en el consumo de alimento y la ganancia de peso en distintas especies (Vargas *et al*, 2006, citado por Portillo, 2006).

En cuanto a los parámetros productivos, un estudio de caso realizado por Flórez (2019), en una granja avícola ecológica en Silvania, Cundinamarca, reportó una producción semanal de 2100 a 2400 huevos con gallinas de pastoreo suplementadas con concentrado. La granja maneja una población de 195 aves y el ciclo productivo dura en promedio 61 semanas, con un porcentaje de postura que puede llegar al 82% (Flórez, 2019). En cuanto a los niveles de inclusión, Acosta (1997) citado por Armengol et al., (2013) realizó pruebas de aceptabilidad en aves y evaluó el consumo de alimentos con 5 a 100% de inclusión de Ramio, encontró que con niveles de 5 a 30% el consumo fue aceptable, pero con 40% o más de Ramio el consumo se deprimió significativamente, lo que se atribuyó al alto contenido de fibra de la planta (19.2%).

La producción avícola es un renglón de la economía que tiende al aumento productivo a pequeña y gran escala observándose una gran oportunidad económica, adicionalmente, se debe competir en el mercado entregando un producto de alta calidad y con costos de producción menores (Rodriguez M. et al., 2023). Por esta razón, es importante que se generen estrategias que permitan responder a las necesidades de la producción avícola.

La presente investigación busca evaluar la viabilidad de sustituir parcialmente el alimento balanceado comercial por forraje verde en gallinas ponedoras dentro de la Colonia Penal de Oriente, en Acacías, Meta. Para ello, se propone un programa de alimentación basado en tres tratamientos: un grupo testigo con 100% de alimento balanceado, un tratamiento con 70% alimento balanceado y 30% forraje verde, y un tercer tratamiento con 50% alimento balanceado y 50% forraje verde, aplicado a una muestra de 300 gallinas ponedoras.

El estudio evaluará parámetros productivos clave como el porcentaje de postura, el peso del huevo, el color de la yema y el grosor de la cáscara, permitiendo analizar el impacto de la alimentación alternativa en la eficiencia productiva. Esta estrategia contribuirá a la reducción de

costos de producción y a la promoción de modelos agropecuarios sostenibles, favoreciendo la transición hacia sistemas de producción avícola resilientes, eficientes y ambientalmente responsables, en consonancia con los objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS 2: Hambre Cero, ODS 12: Producción y Consumo Responsables y ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres) (Naciones Unidas, 2020).

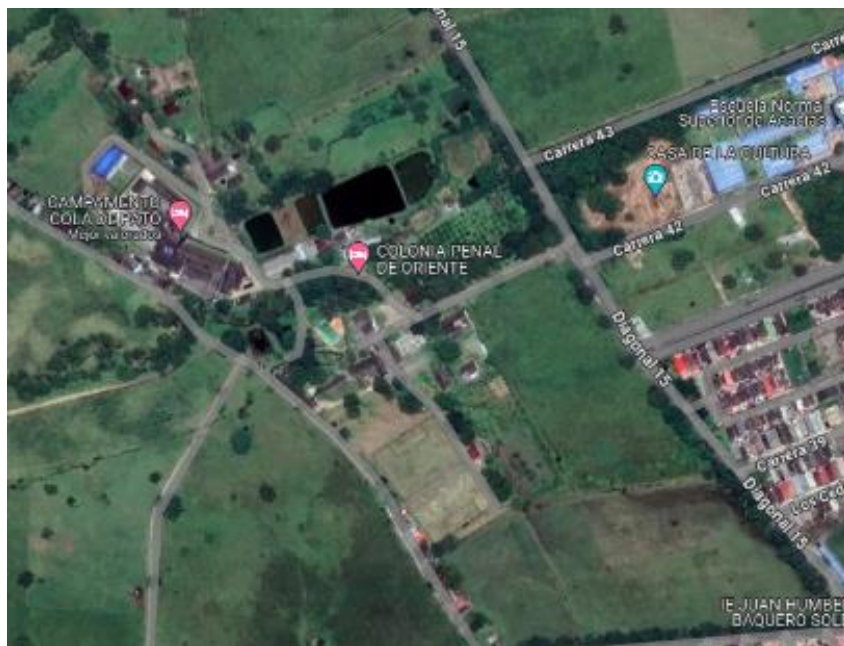
Así, este proyecto no solo busca optimizar la producción de huevos, sino también fomentar la integración de recursos forrajeros locales en la alimentación animal, disminuyendo la dependencia de insumos comerciales y promoviendo la seguridad alimentaria en el sector avícola colombiano.

## Marco teórico y referencial

### Colonia Agrícola de Acacias: Reseña Histórica

#### Figura 1

*Colonia Agrícola de Acacias Meta.*



*Fuente.* Ubicación de Colonia Agrícola [Screenshot], tomado a través de Google Maps, 2024.

La Colonia fue creada mediante Disposición Gubernamental según Decreto 1138 del 19 de Julio de 1930 con el nombre de Colonia Penal de Oriente en una extensión aproximada de 300.000 hectáreas que cubrían terrenos de los hoy municipios de: Guayabetal, Villavicencio, Guamal entre otros. Este territorio se destinó para que el personal de internos una vez cumplieran la pena se les asignaba parcelas de tierra para su explotación y mantenimiento, intención que no se cumplió en parte y paulatinamente fueron invadidas, hasta contar hoy con 4.200 hectáreas aproximadamente, divididas en 7 campamentos con capacidad para albergar 1190 internos de las cuales gran parte es reserva forestal e hídrica y 400 hectáreas en explotaciones agropecuarias donde parte de la población reclusa realiza el proceso de tratamiento penitenciario (INPEC, 2024).

## Sector Avícola

En 2017, el valor total de la producción de la agroindustria avícola alcanzó los \$18,2 billones de pesos. De este monto, el 50,8% (\$9,2 billones) correspondió a la fase pecuaria, mientras que el 49,2% restante (\$8,9 billones) se destinó al sector industrial. Además, el valor agregado bruto de la industria avícola ascendió a \$4,2 billones de pesos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021). La participación del sector avícola en el PIB nacional fue del 0,7%, en el PIB agropecuario del 14,3% y en el PIB pecuario del 36,5% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021)

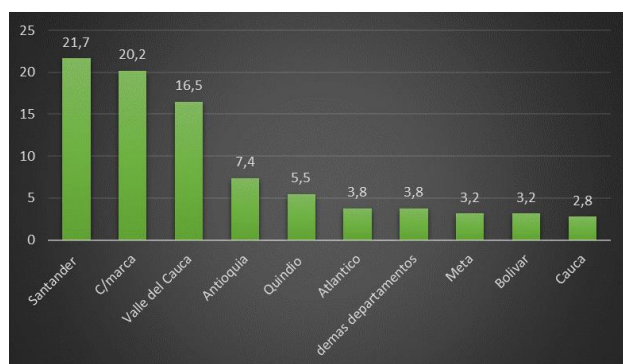
Según la estimación del PIB sectorial para 2021, la producción avícola en Colombia estuvo liderada por Santander, seguida de Cundinamarca, Valle del Cauca y Antioquia. Como se observa en la imagen 11, Santander representó el 20.8% del PIB avícola, seguido de Cundinamarca con el 20.3%. Meta utilizó el octavo lugar con una participación del 2,98%. A precios corrientes, el PIB avícola nacional alcanzó un valor de \$3.241.000 millones. Al clasificarlo por la línea de producción, Cundinamarca lideró la producción de huevo con un 22% del total, seguida por el Valle del Cauca con un 19.7%, mientras que Meta se ubicó en el decimoquinto lugar con un 1.05%. En la producción de pollo, Santander ocupó el primer lugar con una participación del 21,9%, y Meta se posicionó en el octavo puesto con un 2,98% (Fenavi, 2022).

En 2022, el PIB avícola en Colombia registró un crecimiento del 13,6%, alcanzando los \$4,3 billones de pesos, en comparación con los \$3,8 billones de pesos en 2021. Este incremento se logró a pesar de los desafíos enfrentados por el sector, como el aumento en los costos de producción debido al alza en los precios de los granos y la devaluación del peso frente al dólar. Además, el sector avícola colombiano incrementó su participación relativa en los agregados

nacionales, pasando del 6,8% al 7,5% en el sector de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, y del 30,6% al 33,4% en la división ganadera. Para 2023, se proyecta un crecimiento del 11.3% en el PIB avícola, impulsado por un aumento del 6% en los costos de producción, un incremento del 1.3% en la oferta local de proteína y un alza del 7.3% en los precios (M. de los A. Gutiérrez, 2023).

## Figura 2

*Clasificación del PIB avícola a nivel departamental 2020 (%)*



Fuente. Tomado de Fenavi, 2021.

## *Raza Utilizada en la Producción de Huevo*

### Figura 3

*Raza Hy line Brown*



Fuente. Raza de gallina ponedora Hy Line Brown por: Gómez, 2024.

La variedad Hy-Line Brown es reconocida a nivel mundial por su equilibrio en la producción de huevos. Su alta productividad y persistencia, junto con un tamaño de huevo ideal, la convierten en una opción destacada. Además, su consumo de alimento moderado, la calidad

superior de los huevos y su excelente viabilidad contribuyen a un rendimiento eficiente y rentable (Palacio & Tascón, 2019).

**Tabla 1**

*Requerimiento nutricional para gallina ponedora.*

| Energía       |         | Clima Frio   |              | Clima Cálido |              |              |
|---------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Metabolizable | Proteín | Alimento.10  | Alimento.do  | Proteín      | Alimento.10  | Alimento.do  |
| de la dieta   | a       | 0            | c. de huevos | a            | 0            | c. de huevos |
| Kcal/Kilogra  | %       | gallinas/día | Kg           | %            | gallinas/día | Kg           |
| mo            |         | Kg.          |              |              | Kg           |              |
| 2640          | 14.0    | 11.8         | 2.15         | 15.5         | 10.7         | 2.00         |
| 2.750         | 14.7    | 11.4         | 2.05         | 16.2         | 10.2         | 1.86         |
| 2.860         | 15.3    | 10.9         | 1.95         | 16.8         | 9.8          | 1.77         |
| 2.970         | 15.8    | 10.4         | 1.86         | 17.4         | 9.3          | 1.68         |
| 3.080         | 16.4    | 10.0         | 1.82         | 18.0         | 8.9          | 1.64         |

*Nota:* En la tabla se evidencian los requerimientos nutricionales en gallina ponedora

## **Formas de Producción Avícola**

### ***Producción Tradicional***

Según la guía de manejo para la raza Hy Line Brown de Hy-Line (Hy-Line International, 2018), Cuando las gallinas son alimentadas de manera tradicional, se pueden obtener los siguientes resultados productivos:

Se alcanza un porcentaje de pico de producción del 95% al 96%. A las 60 semanas, es posible obtener entre 257 y 266 huevos diarios por ave; a las 72 semanas, entre 325 y 336 huevos; y a las 90 semanas, entre 419 y 432 huevos por ave al día.

Peso y calidad del huevo: A las 26 semanas, el peso del huevo varía entre 57,3 y 59,7 g; a las 32 semanas, entre 60,1 y 62,5 g; ya las 70 semanas, entre 63 y 65,6 g. La masa total de huevo por ave alojada entre las semanas 18 y 90 es de 25.5 kg. En cuanto a la calidad, la resistencia de

la cáscara y las unidades Haugh son excelentes, y el color de la cáscara se estima en 87 a las 38 semanas.

Consumo de alimento: El consumo diario promedio entre las semanas 18 y 90 es de 105 a 116 g por ave. Además, el consumo de alimento por docena de huevos, entre las semanas 20 y 90, varía entre 1,51 y 1,62 kg.

### ***Producción Alternativa Avícola y Variación en el Modelo de Alimentación***

Una alimentación compuesta por un 75% de ingredientes formulados, como maíz molido, torta de soja, harina de carne y salvado de trigo a partir de la séptima semana, y un 25% de materias primas alternativas, como residuos de hortalizas, hojas de plátano. Las hojas de plátano (*Musa paradisiaca*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y morera (*Morus alba*), no muestran diferencias productivas significativas en cuanto al peso vivo de las aves, el peso del huevo ni el porcentaje de posturas. Aunque se pueden observar algunas diferencias mínimas en los indicadores evaluados, estas están más relacionadas con la edad de las aves que con la dieta suministrada (Montoya et al., 2020).

### ***Valor nutricional del Forraje a utilizar***

#### **Figura 4**

##### *Botón de Oro*



*Fuente.* Por Gómez, 2024

El botón de oro es una planta herbácea o arbustiva robusta su altura oscila entre 1.5 a 4 m (Angulo et al., 2017), con ramas fuertes subtomentosas y raíz principal fusiforme, posee un tallo erecto, ramificado y único, con aproximadamente 24 a 36 haces vasculares (González Castillo et al., 2014), las hojas son alternas, pecioladas, de 7 a 20 cm de largo por 4 a 20 cm de ancho, la semilla es pequeña, liviana, numerosa, con un diámetro aproximado de 2,9 mm y generalmente presenta baja viabilidad para su propagación (González Castillo et al., 2014).

## Tabla 2

*Valor nutricional del Botón de oro.*

| Nutriente       | Valor       |
|-----------------|-------------|
| Proteína (%)    | 26,2        |
| Fibra cruda (%) | 30 – 35     |
| Fosforo (%)     | 0,05 – 0,13 |
| Calcio (%)      | 0,32        |

*Nota.* Valores nutricionales que aporta el botón de oro en la alimentación animal. Por Laboratorio de nutrición y Alimentación UNAD, 2023

El botón de oro es una planta que a través de los años ha despertado gran interés como una alternativa para la alimentación animal por su alta producción de biomasa, rápido crecimiento, tolerancia a suelos ácidos y de baja fertilidad, y por sobre todo, por su excelente valor nutricional, con niveles de proteínas entre un 14.8 y 28.8% (Mahecha & Rosales, 2005).

En mono gástricos como los cerdos y las aves, el botón de oro se utiliza típicamente en formas de harina de hojas y tallos, en cerdos se ha reportado que es posible sustituir hasta en un 20% del alimento balanceado por harina de botón de oro sin afectar la salud ni el tracto digestivo de los animales (Delgado, 2018 citado por Montañez, 2022). En cuanto a las aves, la inclusión de harina de botón de oro en niveles de 5 al 15% en la dieta de las gallinas ponedoras ha mostrado efectos positivos en la producción de huevos, eficiencia alimenticia, color de la yema y

reducción del colesterol (Rodríguez *et al*, 2018 citado Mahecha & Rosales, 2005). Sin embargo, los niveles de inclusión superiores al 10-15% pueden tener efectos negativos en pollos de engorde, disminuyendo la ganancia de peso, posiblemente es debido al mayor contenido de fibra (Floreano, 2021 citado por Montañez, 2022). Un estudio en cuyes mostró que incluir la harina de botón de oro en niveles crecientes del 0 al 100% como sustituto de un concentrado comercial afectó negativamente el peso final, la ganancia de peso y conversión alimenticia, siendo lo óptimo no superar el 25% de inclusión (Cueva *et al.*, 2019).

En cuanto a los costos, la sustitución parcial de alimentos balanceados comerciales por botón de oro genera ahorros importantes, como por ejemplo, un estudio en gallinas ponedoras se encontró que sustituir hasta un 15% del concentrado por harina de botón de oro logro mantener buenos parámetros productivos mientras se reducían los costos de alimentación (Fuente *et al*, 2021 citado por Montañez, 2022).

## **Figura 5**

*Planta de Ramio utilizada como fuente de alimento animal.*



*Fuente.* por Gómez, 2024

El ramio es una planta perenne que puede llegar a medir entre 1,5 y 3,0 metros de altura. Tiene varios tallos simples que varían entre 7 y 20 mm de grosor, y sus hojas son grandes, de forma acorazonada y con bordes aserrados. Esta especie se desarrolla en altitudes que van de los 200 a los 1800 metros sobre el nivel del mar. Es capaz de tolerar precipitaciones anuales de entre 2.500 y 3.000 mm, y prefiere suelos con un pH que oscila entre 5,2 y 6,0 (Elizondo & Boschini,

s. f.; Kundu et al., 1570; Kuntjoro et al., 2009; Oliveira, 2007; Salazar Rosero, 2010; Sen & Reddy, 2011).

La *Boehmeria nivea* (L.) posee alta calidad nutricional, se adapta con facilidad a las condiciones climáticas del trópico y su establecimiento no demanda prácticas difíciles para el agricultor. Estas características la convierten en una fuente potencial de alimento tanto para rumiantes como para monogástricos (Buitrago Guillen et al., 2020).

### **Tabla 3**

*Valor nutricional del Ramio.*

| Nutriente       | Valor |
|-----------------|-------|
| Proteína (%)    | 24,3  |
| Fibra cruda (%) | 50    |
| Fosforo (%)     | 0,2   |
| Calcio (%)      | 0,04  |

*Nota.* Valores nutricionales que aporta el ramio en la alimentación animal. Por Laboratorio de nutrición y Alimentación UNAD, 2023

El Ramio ha sido investigado como una planta promisoría para la alimentación de los animales debido a su alta producción de biomasa, rápido crecimiento, adaptabilidad y buen valor nutricional, con altos niveles de proteína entre 24 a 28%, Calcio y Magnesio (Gomez y Rivera, 1987 citados por Armengol et al., 2013).

En gallinas ponedoras, la harina de hojas de ramio ha mostrado ser una excelente fuente de carotenos que ha permitido obtener una buena pigmentación de la yema a niveles de inclusión del 5% en el alimento balanceado (Rubens, 2008 citado por Armengol et al., 2013). Sin embargo, a niveles superiores del 10% pueden afectar negativamente el consumo de alimento debido al alto contenido de fibra cerca del 19.2% (Acosta, 1997 citado por Armengol et al., 2013). Inclusiones del 5 al 20% no afectaron significativamente la producción de huevos, pero

con 30 a 100% de inclusión, el consumo se redujo drásticamente (Acosta, 1997 citado por Armengol et al., 2013). En gallinas se han obtenido ahorros significativos cuando el ramio reemplaza un 50% del concentrado, sin afectar mayormente la producción (Soler & Fonseca, 2011).

## **Metodología**

La presente investigación se realizó en el sector productivo avícola con el objetivo de evaluar el impacto de la inclusión de forraje verde en la dieta de gallinas ponedoras sobre diversos parámetros productivos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, ya que este permite una distribución equitativa de las unidades experimentales, reduciendo la influencia de variables externas (Montgomery, 2017). Además, el muestreo se realizó de manera sistemática, lo que facilita la obtención de datos representativos de la población en estudio (scheaffer et al., 2006). El tamaño de la muestra se calculó con base en la fórmula para estimación de proporciones en una población finita (Kish, 1968), asegurando un margen de error del 15% y un intervalo de confianza del 85%.

A continuación, se detalla la metodología implementada para el desarrollo del proyecto:

### **Definición de las Condiciones de Tratamiento Y Muestreo**

La investigación se llevó a cabo en la Colonia Agrícola, un establecimiento carcelario perteneciente al Instituto Nacional Penitenciario (INPEC), situado a tres kilómetros de la vía Villavicencio en el municipio de Acacias, Departamento del Meta. En esta zona se registró una temperatura promedio de 22° C, una precipitación anual promedio de 1.462 mm, una humedad relativa del 72% y una altitud de 498 metros sobre el nivel del mar.

Para el estudio, se evaluaron tres corrales de 5 metros por 12 metros, construidos en concreto con cama profunda a base de cascarilla de arroz, durante un período de 30 días. Se utilizaron 300 gallinas ponedoras de la línea Hy Line Brown, provenientes de la Distribuidora Granja Paraíso (a través de proceso de contratación de Colombia compra eficiente), con un plan de vacunación y desparasitación completo, se reciben con un peso promedio entre 1960 y 1975 gramos, a la edad 23 semanas.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Testigo: 100 animales, con tratamiento alimenticio 100% de alimento balanceado (120 g/día).

Tratamiento 1: 100 animales, con tratamiento alimenticio 70% de alimento balanceado + 30% de forraje verde (botón de oro y ramio).

Tratamiento 2: 100 animales, con tratamiento alimenticio 50% de alimento balanceado + 50% de forraje verde.

El tratamiento relacionado implica una distribución nutricional diferente para cada grupo durante el mismo periodo (30 días) para evaluar los parámetros definidos para el proyecto, por tanto, la distribución nutricional implementada es la siguiente:

#### ***Distribución del Alimento por Tratamiento***

El alimento concentrado es ampliamente utilizado en el sector avícola debido a su formulación específica para satisfacer las necesidades nutricionales de las gallinas ponedoras, garantizando parámetros óptimos en coloración, peso y resistencia de la cáscara, aspectos clave para la calidad del huevo tanto en el consumo como en su distribución y venta. El grosor adecuado de la cáscara, por ejemplo, minimiza las pérdidas por fracturas durante el manejo y transporte. Sin embargo, el alto costo del alimento balanceado representa un desafío económico para los productores, por lo que este proyecto propone sustituir un porcentaje de su uso con forraje verde como alternativa más accesible y sostenible.

Para la investigación, se utilizó el alimento concentrado Ponedoras I de la marca Solla en presentación de 40 kg, un producto ampliamente empleado en la región del Meta-Acacias por su disponibilidad y composición nutricional, la cual se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Composición garantizada alimento balanceado (40 kg) Ponedoras I de la marca Solla.*

| Composición garantizada |        |
|-------------------------|--------|
| Proteína                | 17%    |
| Grasa                   | 2.50%  |
| Fibra                   | 6.00%  |
| Cenizas                 | 15.00% |
| Humedad                 | 13.00% |
| Calcio                  | 3.00%  |
| Fósforo                 | 0.45%  |
| Registro ICA 12374 al   |        |

*Nota:* Información de la composición del alimento balanceado marca Ponedoras I de 40 kg.

Tomado de <https://www.solla.com/product/ponedoras-i/>

A los tres tratamientos (grupos de análisis) se les proporciono en distinto porcentaje el alimento balanceado: El tratamiento “Testigo” conformado por 100 animales se les proporcionó solamente alimento concentrado (100%) para identificar las características de huevo con este tipo de alimentación, que suele ser el tratamiento alimentación en el sector avícola. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que con la inclusión de hasta un 30% de forrajes en la dieta de los animales se mantienen buenos parámetros. Por ello, el “Tratamiento 2” mantuvo solo un 70% de alimento concentrado y un 30% de forraje distribuido a medidas iguales de botón de oro y ramio. Finalmente, con el objetivo de identificar si al remplazar el porcentaje de forraje hasta en un 50% del total de la alimentación los parámetros se mantenían, esta distribución correspondió al “Tratamiento 3” implementado.

La mezcla de forraje verde se realizó en proporciones iguales (50% botón de oro y 50% ramio) picado a 2 – 3 cm y determinando la materia seca por el método de tanteo para suplir los requerimientos nutricionales de las aves de acuerdo con su etapa productiva. En resumen, mientras que en el primer tratamiento “Testigo” se mantuvo el valor nutricional del concentrado,

en los otros dos la carga nutricional se vio afectada acorde a los valores nutricionales comparativos de las plantas usadas para el forraje, como se puede apreciar en la Tabla 5:

**Tabla 5**

*Forraje verde para utilizar.*

| Materia Prima | Proteína (%) | Fibra cruda (%) | Fosforo (%) | Calcio (%) |
|---------------|--------------|-----------------|-------------|------------|
| Botón De Oro  | 26,20%       | 30%             | 0,50%       | 0,32%      |
| Ramio         | 24,30%       | 50%             | 0,20%       | 0,04%      |

*Nota.* Contenido de nutrientes por cada forraje verde a utilizar para la alimentación de las gallinas. Elaboración propia, (2024).

Por tanto, al incluir en la dieta de los tratamientos 1 y 2 a partes iguales del forraje, el contenido nutricional del forraje es la siguiente (Tabla 6):

**Tabla 6**

*Inclusión de forraje verde en los tratamientos.*

| Materia prima | % inclusión | Proteína a cruda | Proteína cruda real | Valor | Valor real | Humedad | Proteína en materia seca |
|---------------|-------------|------------------|---------------------|-------|------------|---------|--------------------------|
| Botón de oro  | 50          | 26,2             | 13,1                | 150   | 75         | 87      | 34 gramos                |
| Ramio         | 50          | 24,3             | 12,1                | 160   | 80         | 88      | 29,1 gramos              |
| Total         |             |                  | 25,2                |       | 155        |         | 63,1 gramos              |

*Nota.* Introducción de forraje verde en la alimentación de las gallinas raza Hy line Brown.

Elaboración propia, (2024).

Este enfoque permitió evaluar el impacto de diferentes proporciones de forraje verde en la alimentación de las gallinas, pero considerando la contribución general de ambos forrajes.

Teniendo en cuenta el contenido nutricional del alimento balanceado (Tabla 4), el botón de oro (Tabla 2) y el Ramio (Tabla 3) el proyecto implemento un aproximado de la siguiente distribución nutricional (Tabla 7):

**Tabla 7***Distribución nutricional por tratamiento.*

| Nutriente          | Balanceado<br>(100%) | Botón de<br>Oro (50%) | Ramio<br>(50%) | Testigo<br>(100%<br>Balanceado) | Tratamiento 1<br>(70%<br>Balanceado +<br>30% Forraje) | Tratamiento<br>2 (50%<br>Balanceado<br>+ 50%<br>Forraje) |
|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------|---------------------------------|---|--|
| Proteína<br>(%)    | 17                   | 26.2                  | 24.3           | 17                              | 19,66   | 21.25  |
| Fibra Cruda<br>(%) | 6                    | 32,50 (30-<br>35)     | 50,00          | 6                               | 17,80   | 26   |
| Fósforo (%)        | 0,45                 | 0,09 (0,05-<br>0,13)  | 0,20           | 0,45                            | 0,31  | 0,25   |
| Calcio (%)         | 3                    | 0,32                  | 0,04           | 3                               | 1,95  | 1.18   |
| Grasa (%)          | 2,50                 | --                    | --             | 2,50                            | 1,75  | 1.25   |
| Cenizas (%)        | 15                   | --                    | --             | 15                              | 10,50   | 7,50   |
| Humedad<br>(%)     | 13                   | --                    | --             | 13                              | 13  | 13   |

*Nota.* Contenido de nutrientes acorde a la información nutricional del alimento balanceado, el botón de oro y el ramio según el tratamiento, esto es un cálculo aproximado. Elaboración propia, (2024).

Para la metodología del suministro del alimento durante 30 días, este fue administrado tres veces al día en dos presentaciones: el alimento balanceado en su forma comercial se suministraba en comederos lineales para concentrado (30 cm/ave) y la mezcla de forraje verde en comederos independientes. Se establecieron horarios fijos para la distribución de los alimentos: en la mañana 7:30 am (40% de ración diaria), 10:30 am (20% de ración) y 3:30 pm (40% de ración), el pesaje diario de sobrantes se realizó a las 7:00 am, con una revisión diaria para evitar residuos o desperdicios. En los casos en que se detectaron sobrantes de alimento, estos fueron retirados y gestionados adecuadamente para evitar su deterioro o contaminación. No se presentó desperdicio significativo de forraje verde, ya que la cantidad suministrada fue calculada de

acuerdo con las necesidades de las aves en cada tratamiento. La dieta a aplicar por tratamiento fue la siguiente:

### **Tabla 8**

#### *Dieta aplicada por tratamiento*

| Tratamientos (100 animales) | Dieta/ave |
|-----------------------------|-----------|
| Lote Testigo                | 120 g/día |
| Lote T1                     | 84 g/día  |
| Lote T2                     | 60 g/día  |

*Nota.* Dieta que se aplica a cada tratamiento para la alimentación de las gallinas. Elaboración propia.

Una vez definida la metodología del tratamiento, el proyecto estableció las condiciones de muestreo para garantizar la confiabilidad de la información.

#### ***Metodología del Muestreo***

El tamaño de la muestra fue calculado considerando el número total de gallinas por tratamiento (100), asumiendo que cada animal ponga al menos un huevo, el cálculo se realizó sobre la población total de animales del estudio (300) y asegurando que el muestreo fuera representativo y adecuado para obtener resultados válidos y confiables. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó siguiendo la fórmula para estimación de proporciones en una población finita:

#### **Ecuación 1**

##### *Ecuación cálculo de la muestra*

$$n = \frac{N \cdot e^2}{(N - 1) \cdot e^2 + z^2}$$

*Nota.* Elaboración propia, (2024).

Donde:

**n** es el tamaño de la muestra.

$N$  es el tamaño de la población total, en este caso, 300 gallinas ponedoras.

$e$  es el margen de error (expresado como un porcentaje decimal), que en este estudio se estableció en 0.15 (15% de margen de error).

$z$  es la puntuación  $Z$ , que se usa para determinar el nivel de confianza, para un intervalo de confianza del 85%.

Como resultado el cálculo estimado sería de 22 animales.

Este cálculo nos permitió determinar que una muestra de 22 animales por tratamiento era adecuada para obtener una representación mínima confiable de la población en términos de peso del huevo. El cálculo se realizó sobre la población total (300 animales) y no sobre las unidades experimentales (100 por tratamiento) para tomar en cuenta la población total del estudio y no la distribución experimental, en pro de garantizar una mayor viabilidad en la información recolectada. Teniendo en cuenta que se implementó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, para un total de 100 unidades experimentales por tratamiento. La distribución experimental fue de la siguiente manera:

Total aves: 300 gallinas Hy Line Brown

Numero de tratamientos: 3

Repeticiones por tratamiento: 3

Aves por tratamiento: 100

Aves por repetición: 33 a 34

El tratamiento testigo (100% de concentrado) contiene las siguientes repeticiones:

Repetición 1: 34 aves

Repetición 2: 33 aves

Repetición 3: 33 aves

El tratamiento 1 (70% concentrado + 30% forraje) contiene las siguientes repeticiones:

Repetición 1: 34 aves

Repetición 2: 33 aves

Repetición 3: 33 aves

El tratamiento 2 (50% concentrado + 50% forraje) contiene las siguientes repeticiones:

Repetición 1: 34 aves

Repetición 2: 33 aves

Repetición 3: 33 aves

Las aves se distribuyeron aleatoriamente entre las respectivas repeticiones, permitiendo una homogeneidad en tanto peso inicial como en edad. El análisis estadístico se realizó con el paquete Excel.

### **Selección de Parámetros de Análisis**

Los parámetros productivos a medir fueron los siguientes:

**Porcentaje de postura:** Se determinó mediante el conteo diario de huevos por tratamiento en las horas de la mañana. Este conteo se realizó en cada repetición, considerando el total de huevos puestos por las 100 gallinas de cada tratamiento. De esta manera, se obtuvo el porcentaje de postura de cada grupo experimental.

**Peso del huevo:** Se seleccionaron 10 huevos por repetición para ser pesados mediante muestreo sistemático, es decir, cada tercer huevo de recolección matutina, lo que permitió contar con una muestra representativa para un total de 30 huevos por tratamiento para garantizar la fiabilidad. Se realizó este procedimiento dos veces por semana durante todo el período experimental. El pesaje de los huevos se llevó a cabo utilizando una Gramera digital, desde 0,1 g

a 500 g, marca Philco Pgr 000j6, la cual es comúnmente utilizada y económica en Colombia, garantizando mediciones exactas para el análisis de peso.

### **Figura 6**

Materiales utilizados



*Nota.* Elementos usados para el peso y medición. Elaboración propia, (2024).

Color de la yema: Se midió utilizando el abanico colorimétrico Roche, una herramienta estandarizada para evaluar la intensidad del color de la yema. En este caso, utilizando un muestreo aleatorio simple de la producción diaria. Para cada tratamiento, se seleccionaron 10 huevos al azar por tratamiento, siendo de 3 a 4 huevos por repetición, asegurando que la muestra fuera representativa del grupo. Esta medición se realizó cada 15 días durante el estudio, permitiendo observar variaciones en el color de la yema a lo largo del tiempo.

### **Figura 7**

Abanico de Roche



*Nota.* Tomado de Dipasa, 2024.

Grosor de la cáscara: Se midió el grosor de la cáscara en los mismos 10 huevos seleccionados para el análisis del color de la yema, utilizando un calibrador pie de rey manual, marca Pretul. Al igual que para el color de la yema, se realizó esta medición cada 15 días para monitorear cualquier cambio en el grosor a lo largo del período experimental. Se tomaron 3 puntos de medición en la zona ecuatorial de cada huevo.

En resumen, para la medición de los parámetros:

3 tratamientos totales (por método de alimentación)

Se hicieron mediciones durante 30 días

Se tomaban 30 huevos por tratamiento 2 veces por semana para peso

Se medían 10 huevos por tratamiento cada 15 días para color y grosor

El total aproximado de muestras analizadas fue:

Para peso: 720 huevos (30 huevos  $\times$  3 tratamientos  $\times$  8 mediciones en el mes).

Para color y grosor: 60 huevos (10 huevos  $\times$  3 tratamientos  $\times$  2 mediciones en el mes).

Se utilizaron distintos tipos de muestras en función de la naturaleza de cada parámetro evaluado para garantizar la precisión y representatividad de los datos. El muestreo sistemático se empleó en la medición del peso del huevo, seleccionando cada tercer huevo recolectado, asegurando una distribución uniforme de la muestra a lo largo del tiempo y reduciendo la variabilidad por recolección selectiva. Para el color de la yema y el grosor de la cáscara, se

aplicó una muestra aleatoria simple, lo que permitió obtener una muestra representativa sin sesgo, dado que estos parámetros pueden variar entre huevos de un mismo tratamiento. En el caso del porcentaje de postura, se realizó un conteo exhaustivo diario de la totalidad de los huevos puestos por tratamiento, dado que este parámetro requería un registro completo y continuo para reflejar con precisión la productividad de cada grupo. Estos enfoques metodológicos permitieron obtener resultados estadísticamente válidos y minimizar fuentes de error en la interpretación de los datos.

### **Análisis de la Información**

Se realizó un análisis de varianza (Andeva) para determinar diferencias significativas entre tratamientos en las variables productivas evaluadas. Lo que permite comparar los efectos de los diferentes tratamientos sobre los parámetros productivos de las gallinas ponedoras y determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas o si se deben al azar. Como en este estudio se evaluaron tres tratamientos (100% alimento balanceado, 70% balanceado + 30% forraje, y 50% balanceado + 50% forraje) y se midieron variables como porcentaje de postura, peso del huevo, color de la yema y grosor de la cáscara, era fundamental emplear un análisis estadístico que pudiera comparar las medias de estos grupos y determinar si los cambios en la alimentación afectaban significativamente el desempeño productivo de las aves. Aplicado bajo la siguiente lógica:

Definición de hipótesis.

Antes de realizar el análisis, se establecen dos hipótesis para cada parámetro medido:

Hipótesis nula ( $H_0$ ): No hay diferencias significativas entre los tratamientos; es decir, la inclusión de forraje verde en la dieta no afecta los parámetros productivos.

Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Al menos un tratamiento genera un efecto significativo en el parámetro analizado, indicando que la alimentación influye en el desempeño de las gallinas.

En el estudio, esto significaba que, si la hipótesis nula se rechazaba, se podría concluir que la dieta con forraje verde tiene un impacto en las características del huevo y la producción de las aves.

Cálculo de la variabilidad en los datos (Suma de Cuadrados - SC)

Se analizó la variabilidad total de los datos, separándola en dos componentes:

Variabilidad entre tratamientos: Representa los efectos debidos a la diferencia en la alimentación entre los grupos. Variabilidad dentro de los tratamientos (error experimental): Representa las diferencias entre individuos dentro del estudio.

### ***Componentes Generales de las Tablas Andeva***

A continuación, se detalla los datos del análisis Andeva según se implementó (ampliar en Anexo 1):

GL (Grados de Libertad):

Tratamientos:  $GL = \text{número de tratamientos} - 1 = 3 - 1 = 2$

Error:  $GL = (\text{número de tratamientos}) \times (\text{número de repeticiones} - 1) = 3 \times (3-1) = 6$

Total:  $GL = (\text{número total de observaciones} - 1) = 9 - 1 = 8$

SC (Suma de Cuadrados): Mide la variabilidad total de los datos

CM (Cuadrado Medio): SC dividido entre los GL

F calculada: CM tratamientos dividido entre CM error

F tabulada: Valor crítico de la distribución F al 5% de significancia

CV (Coeficiente de Variación): Mide la precisión del experimento

**Porcentaje de postura**

SC tratamientos (4.67) indica la variación entre tratamientos

F calculada (2.33) < F tabulada (5.14) → No hay diferencias significativas

CV = 1.16% indica alta precisión experimental

La variación entre los porcentajes (87%, 86%, 85%) no es estadísticamente significativa

**Peso del huevo**

SC total pequeña (0.64) indica poca variación en los datos

F calculada (3.00) < F tabulada (5.14) → No hay diferencias significativas

CV = 0.41% indica excelente precisión experimental

Los pesos (55.7g, 56.1g, 56.1g) son estadísticamente similares

**Color de yema**

F calculada (6.00) > F tabulada (5.14) → Hay diferencias significativas.

CV = 5.44% indica buena precisión experimental

Los valores Roche (12, 13, 14) son estadísticamente diferentes

La mayor SC tratamientos (6.00) indica fuerte efecto del tratamiento

**Grosor de cáscara**

F calculada (5.33) > F tabulada (5.14) → Hay diferencias significativas.

CV = 9.52% indica buena precisión experimental.

Los valores (0.4mm, 0.5mm, 0.5mm) muestran diferencias estadísticas.

La baja SC total (0.03) refleja la pequeña escala de medición.

Para la evaluación económica se consideraron costos fijos y variables, así como otros costos adicionales derivados del proceso productivo:

Costos fijos: Incluyen mano de obra, insumos complementarios (bebederos, comederos), mantenimiento de instalaciones y costos administrativos.

Costos variables: Se incluyen el alimento balanceado y el forraje (ramio y botón de oro).

El costo total de alimentación por tratamiento se calculó sumando el gasto en alimento balanceado y el valor del forraje suministrado.

### Determinación de Costos

#### 1. Costo de alimentos balanceados

Valor de alimento balanceado (40 kg) Ponedoras I de la marca Solla: 169.360 cop

Precio por kilogramo: 4.234 cop

Precio por gramo: 4,2 cop

Precio por kilogramo de alimento balanceado: 4.234 cop.

### Tabla 9

Costo del alimento balanceado (cop)

| Tratamiento | Consumo de Alimento Balanceado (kg) | Costo Alimento Balanceado (cop) |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Testigo     | 360                                 | $360 \times 4.234 = 1.524.240$  |
| T1          | 252                                 | $252 \times 4.234 = 1.067.068$  |
| T2          | 180                                 | $180 \times 4.234 = 762.120$    |

*Nota.* Distribución del costo del alimento balanceado distribuido por tratamiento. Elaboración propia, 2024.

#### 2. Costo del forraje (MS - Materia Seca)

Producción estimada: 200 kg de materia verde (MV) por jornada de trabajo

Conversión MV a MS: 30% (200 kg MV → 60 kg MS)

Costo de mano de obra: 3.500 cop por jornada de 8 horas por persona, pago que realiza la colonia a los PPL.

Costo por kilogramo de MS: 63,1 gramos de mezcla de forraje en materia seca cuestan \$155, un kilogramo de proteína en mezcla de forraje en materia seca cuesta \$2,456.

### ***Ecuación 2***

Ecuación para cálculo de kg MS

$$\frac{155}{63.1} \times 1000 = 2,456 \text{ COP por kg de MS}$$

*Nota.* Elaboración propia, 2024.

### ***Tabla 10***

Calculo del costo Forraje.

| Tratamiento | Consumo de Forraje en MS (kg) | Costo de Forraje en MS (cop) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| Testigo     | 0                             | 0                            |
| T1          | 108                           | $108 \times 2,456 = 265.248$ |
| T2          | 180                           | $180 \times 2,456 = 442.080$ |

*Nota.* Distribución del costo del alimento forraje distribuido por tratamiento. Elaboración propia, 2024.

### ***Tabla 11***

Distribución de los costos de alimentación por tratamiento

| Tratamiento | Costo Alimento Balanceado (cop) | Costo de Forraje en MS (cop) | Costo Total Alimentación (cop) |
|-------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Testigo     | 1.524.240                       | 0                            | 1.524.240                      |
| T1          | 1.067.068                       | 265.248                      | 1.332.316                      |
| T2          | 762.12                          | 442.08                       | 1.204.200                      |

*Nota.* Dieta que se aplica a cada tratamiento para la alimentación de las gallinas. Elaboración propia, 2024.

### 3. Cálculo del costo total de alimentación por tratamiento

### ***Tabla 12***

Calculo del costo total de alimentación por tratamiento.

| Tratamiento | Consumo de Alimento Balanceado (kg) | Costo Alimento Balanceado (cop) | Consumo de Forraje en MS (kg) | Costo de forraje en MS (cop) | Costo Total Alimentación (cop) |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Testigo     | 360                                 | 1.524.240                       | 0                             | 0                            | 1.524.240                      |
| T1          | 252                                 | 1.067.068                       | 108                           | 265.248                      | 1.332.316                      |
| T2          | 180                                 | 762.12                          | 180                           | 442.08                       | 1.204.200                      |

*Nota.* Costos por tratamiento. Elaboración propia, (2024).

### Tabla 13

Cálculo de Costos Fijos y Variables

| Categoría   | Costo (cop)             |
|---|-------------------------|
| Costo fijo (mano de obra, insumos, instalaciones) | 500.000                 |
| Costo variable (alimentación según tratamiento)   | Según la tabla anterior |

*Nota.* Estructura de costos. Elaboración propia, (2024).

### Tabla 14

Composición garantizada alimento balanceado (40 kg) Ponedoras I de la marca Solla.

| Composición garantizada |        |
|-------------------------|--------|
| Proteína                | 17%    |
| Grasa                   | 2.50%  |
| Fibra                   | 6.00%  |
| Cenizas                 | 15.00% |
| Humedad                 | 13.00% |
| Calcio                  | 3.00%  |
| Fósforo                 | 0.45%  |
| Registro ICA 12374 AL   |        |

*Nota:* Información de la composición del alimento balanceado marca Ponedoras I de 40 kg.

Tomado de <https://www.solla.com/product/ponedoras-i/>

El uso de forraje como complemento del alimento balanceado permitió reducir los costos de alimentación en los tratamientos T1 y T2, siendo más evidente en T2. Esto sugiere que la implementación de sistemas de alimentación mixta puede mejorar la rentabilidad en sistemas avícolas, especialmente en entornos con acceso a forrajes de bajo costo.

## **Resultados**

### **Diagnóstico Productivo del Sistema Avícola en la Colonia Penal de Oriente de Acacias -**

#### **Meta**

La Colonia Penal de Oriente, ubicada en el municipio de Acacias, Meta, Colombia, es una institución penitenciaria con origen en el año 1930. Establecida como una colonia penal agrícola, ha desarrollado su enfoque en la rehabilitación y reintegración de las personas privadas de la libertad a través de actividades productivas (INPEC, s. f.).

En el marco del proyecto para realizar un diagnóstico productivo del sistema avícola establecido en esta institución, se llevó a cabo una evaluación de las instalaciones, prácticas de manejo y resultados productivos. Esto permitió identificar que la avicultura desempeña un papel fundamental en la formación laboral de los internos, proporcionándoles habilidades técnicas y promoviendo su sentido de responsabilidad y trabajo en equipo.

Los resultados del diagnóstico revelaron que, aunque el sistema avícola de la Colonia Penal de Oriente presenta fortalezas significativas, como la dedicación de los internos y la infraestructura básica disponible, existen áreas que requieren mejoras. Entre ellas, se destaca la necesidad de actualizar las prácticas de bioseguridad, optimizar la alimentación de las aves y fortalecer la comercialización de los productos avícolas. Estas acciones no solo mejorarían la productividad, sino que también incrementarían el impacto positivo en el proceso de resocialización de los internos, alineándose con los objetivos históricos de la institución.

A continuación, se presentan el inventario, resultado del diagnóstico:

### ***Capacidad Instalada de la Granja del Proyecto Avicultura con Gallina Ponedora***

El proyecto de Avicultura con Gallina Ponedora se encuentra actualmente operando en el campamento central, con vías de acceso en regular estado y a una distancia de 6.5 kilómetros de distancia a la avenida principal que conduce a la ciudad de Villavicencio Meta.

#### **Figura 8**

Instalaciones sistema de producción avícola colonia penal



*Nota.* Instalaciones sistema de producción avícola colonia penal. Tomado de Subdirección de Habilidades Productivas Colonia Penal, 2024

Mano de obra: El proyecto de avicultura en la Colonia Penal de Oriente es operado por dos personas privadas de la libertad (PPL). Aunque a los PPL la colonia les reconoce 3.500 cop por día laborado y según el acuerdo individual pueden tener reducción de días de condena, el proyecto no ha estimado en profundidad los costos de mano de obra, ya que estos son asumidos por el sistema penitenciario. Para fines de análisis, se podría considerar el tiempo destinado a las actividades y estimar un costo de mano de obra basado en valores de referencia del sector avícola colombiano. Según datos de Fenavi, el costo de producción por ave en sistemas de engorde es de aproximadamente \$7,374 cop, incluyendo mano de obra y otros costos (Gálvez &

Fenavi, 2023). Aunque este valor corresponde a la avicultura de engorde, puede servir como referencia para estimar costos en la producción de huevo.

Cabe destacar que durante los 30 días de ejecución del proyecto la mano de obra fue asumida por el investigador quien se encargó de la supervisión, vigilancia y alimentación de los animales para asegurar la viabilidad del proyecto.

Inventario productivo e instalaciones: El proyecto cuenta con 790 gallinas de la línea Hy-line Brown (incluidas las 300 del presente estudio), alojadas en cuatro galpones: tres de 5 metros de ancho por 12 metros de largo (60 metros cuadrados cada uno) y uno de 5 metros de ancho por 15 metros de largo (75 metros cuadrados), este último actualmente fuera de uso. La superficie total disponible es de 255 metros cuadrados, lo que implica una densidad aproximada de 3,1 gallinas por metro cuadrado. En cuanto al equipo, se dispone de 26 bebederos automáticos y 26 bebederos tradicionales. Es importante especificar la capacidad y distribución de estos bebederos y comederos para evaluar su adecuación al número de aves. También cuenta con 01 guadaña y 02 fumigadoras manuales.

### **Figura 9**

Sistema de bebederos colonia penal



*Nota.* Sistema de bebederos. Tomado de Subdirección de Habilidades Productivas Colonia

Penal, 2024

Indicadores de producción: Actualmente, el programa de avicultura no cuenta con indicadores de producción documentados, y el costo de producción se mantiene estático. Es fundamental establecer registros detallados de parámetros como la producción diaria de huevos, la tasa de postura, la mortalidad y el consumo de alimentos para evaluar el desempeño del sistema y realizar ajustes que optimicen la eficiencia productiva.

Personal técnico o profesional de apoyo: El proyecto carece de personal profesional especializado, como médicos veterinarios o zootecnistas, lo que puede limitar el manejo adecuado de las aves y la implementación de mejoras en el sistema productivo. La asesoría técnica es crucial para garantizar la salud y bienestar de las gallinas, así como para optimizar la producción.

Planeación y documentación de procesos: El proyecto de avicultura no cuenta con la documentación de cada uno de sus procesos, no existe proyección definida a corto, mediano o largo plazo, los avances o retrocesos se hacen a criterio de los encargados, en cada uno de los procesos que hacen parte del sistema.

Infraestructura y equipo: El proyecto cuenta con una guadaña para el mantenimiento de áreas verdes y control de maleza, dos fumigadoras manuales para la aplicación de desinfectantes y productos sanitarios en las instalaciones, 26 bebederos de chupo y 26 tradicionales, así como comederos lineales tipo tolva. La clasificación de huevos se realiza de manera manual, separándolos en categorías AAA, AA, A, B y C según peso y tamaño. Sin embargo, no se dispone de una máquina clasificadora ni de un área específica con condiciones óptimas para este proceso. Los huevos son empacados en cubetas de cartón reciclado, sin embalaje adicional para su transporte.

**Figura 10**

Gallinero



*Nota.* Foto de gallinero en granja. Elaboración propia, 2024

Tecnología y capacitación: No hay avances tecnológicos implementados en el sistema productivo. No se cuenta con software de gestión, equipos de cómputo ni herramientas digitales para la sistematización de datos productivos. La capacitación del personal depende de las instituciones con las cuales se tienen convenios, sin un plan de formación anual establecido.

**Figura 11**

Clasificadora de huevos artesanal colonia penal.



*Nota.* Clasificadora de huevos en la granja. Fuente: Subdirección de Habilidades Productivas Colonia Penal, 2024

Comercialización del producto: La producción mensual es de aproximadamente 620 cubetas de huevo, con un mercado definido. Se entregan 300 cubetas a la Penitenciaría de Acacias, 50 cubetas al proyecto de panadería de la Colonia, y el excedente se vende internamente al personal de empleados. No se realiza comercialización externa ni se han explorado canales de distribución adicionales. La presentación del producto es en cubetas de cartón reciclado sin etiquetado ni registro sanitario. La periodicidad de entrega varía según la demanda interna, sin un esquema de distribución fijo.

Certificaciones nacionales e internacionales: Actualmente, el programa de avicultura no cuenta con certificaciones nacionales o internacionales que avalen sus procesos productivos, sanitarios o de comercialización. No se han gestionado registros ante el ICA ni sellos de calidad que permitan mejorar la competitividad del producto en el mercado.

### ***Deficiencias, necesidades y oportunidades***

Al caracterizar las condiciones actuales de la producción avícola en términos de infraestructura, manejo zootécnico, sanidad, alimentación y productividad. Se identificó que, al operar con recursos limitados, sumado a las deficiencias en la bioseguridad y bajo mantenimiento de las instalaciones, se impacta directamente en el bienestar de las aves y la eficiencia productiva. Asimismo, se observará que los procesos de alimentación y manejo sanitario carecen de protocolos estandarizados, lo que representa un desafío para la optimización de la producción.

En cuanto a la gestión productiva, se evidencia que la capacidad instalada no se aprovecha en su totalidad debido a la falta de insumos y a la escasa capacitación de los internos encargados del manejo avícola. A pesar de contar con un espacio adecuado para la cría y engorde de aves, la ausencia de registros sistemáticos sobre producción, mortalidad y consumo de

alimentos dificulta la evaluación precisa del rendimiento del sistema. Esto impacta la sostenibilidad del proyecto, ya que limita la toma de decisiones basadas en datos concretos y restringe la posibilidad de implementar mejoras técnicas adaptadas a las condiciones del centro.

Finalmente, el diagnóstico permitió identificar oportunidades de mejora para fortalecer la producción avícola en la Colonia Penal de Oriente. La implementación de programas de capacitación en buenas prácticas avícolas, el establecimiento de registros productivos y la optimización de los protocolos de bioseguridad y alimentación son aspectos clave para aumentar la eficiencia del sistema. Además, se sugiere la gestión de alianzas con entidades públicas y privadas que facilitan el acceso a insumos y asistencia técnica, promoviendo así un modelo productivo más sostenible y con mayor impacto en la formación y reinserción de la población interna.

### **Programa de Sustitución Parcial del Alimento Comercial por Forraje Verde en Aves de Postura, Considerando Tres Tratamientos con Diferentes Proporciones de Forraje en la Dieta**

El programa de alimentación implementado en el sistema avícola de la Colonia Penal de Oriente se diseñó considerando múltiples factores relacionados con las condiciones del entorno y los recursos disponibles. Dado que el acceso a insumos y asesoría técnica es limitado, se optó por un enfoque de alimentación alternativa basado en ingredientes accesibles localmente. La formulación de las dietas se realizó al tanteo, priorizando el aprovechamiento de recursos disponibles en la Colonia y la suplementación con concentrado comercial cuando fue posible. Además, debido a la falta de personal capacitado en nutrición animal, se logró un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, lo que permitió evaluar diferentes estrategias de alimentación sin necesidad de un control estricto sobre variables adicionales.

El proceso de alimentación también tuvo que ajustarse a las restricciones operativas del sistema penitenciario, donde el acceso a ciertos insumos y el manejo de los animales están sujetos a normativas de seguridad. Los tratamientos se diferenciaron en la proporción de alimentos balanceados comerciales y alternativas locales, considerando la disponibilidad de materias primas y su posible impacto en la productividad. La falta de documentación formal y planificación a largo plazo presenta desafíos en la evaluación de los resultados, por lo que la medición de indicadores se realizó con base en observaciones periódicas de la producción de huevos y el estado general de las aves.

**Tabla 15**

Programa de alimentación alternativa experimental al azar.

| Elemento                 | Descripción   |
|--------------------------|---|
| Tipo de alimentación     | Alternativa, combinando alimento balanceado comercial con forraje verde local disponible en la Colonia Penal de Oriente. El forraje estuvo compuesto por botón de oro ( <i>Tithonia diversifolia</i> ) y ramio ( <i>Boehmeria nivea</i> ).  |
| Diseño experimental      | Diseño completamente al azar con tres tratamientos diferenciados en la proporción de alimento balanceado y forraje verde.   |
| Tratamientos             | Testigo (T0): 100% alimento balanceado comercial (120 g/ave/día).<br>Tratamiento 1 (T1): 70% alimento balanceado comercial + 30% forraje verde.<br>Tratamiento 2 (T2): 50% alimento balanceado comercial + 50% forraje verde.   |
| Frecuencia y cantidad    | Alimentación diaria en tres raciones (7:30 am, 10:30 y 3:30)<br>Consumo promedio por ave según tratamiento:<br>- T0: 120 g de alimento balanceado.<br>- T1: 84 g de alimento balanceado + 36 g de forraje verde.<br>- T2: 60 g de alimento balanceado + 60 g de forraje verde.<br>Distribución manual del alimento. |
| Duración del programa    | 30 días.  |
| Parámetros de producción | Registro de postura diaria (cantidad y peso de huevos), conversión alimenticia, peso corporal de las aves y condición de plumaje.   |

| Elemento                | Descripción   |
|-------------------------|---|
| Evaluación del programa | Observaciones y registros semanales de la producción de huevos, estado físico de las aves y consumo de alimento.  |
| Restricciones           | Disponibilidad de forraje variable según las condiciones climáticas y crecimiento de las plantas.<br>Personal sin formación en nutrición animal.<br>Normativas penitenciarias que restringen el acceso a ciertos insumos. |
| Objetivo                | Evaluar el impacto de la sustitución parcial del alimento balanceado comercial con forraje verde en la producción de huevos sin comprometer la salud y productividad de las gallinas.                                     |

*Nota.* Resumen del programa de alimentación implementado en el proyecto. Elaboración propia, 2024.

### **Impacto en los Parámetros Productivos Clave de las Gallinas Ponedoras con la Implementación del Programa**

Para evaluar el impacto del programa de alimentación en las gallinas ponedoras de la Colonia Penal de Oriente, se analizaron cuatro variables productivas: porcentaje de postura, peso del huevo, coloración de la yema y grosor de la cáscara.

#### ***Porcentaje de Postura***

Se realizó un análisis de varianza (Andeva) para determinar diferencias significativas entre tratamientos. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el porcentaje de postura entre los tratamientos, con valores de 87%, 86% y 85% para el tratamiento testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2, respectivamente. La media general fue de 86.00%, con un error estándar de  $\pm 0.577\%$  y una desviación estándar de 1%.

#### **Figura 12**

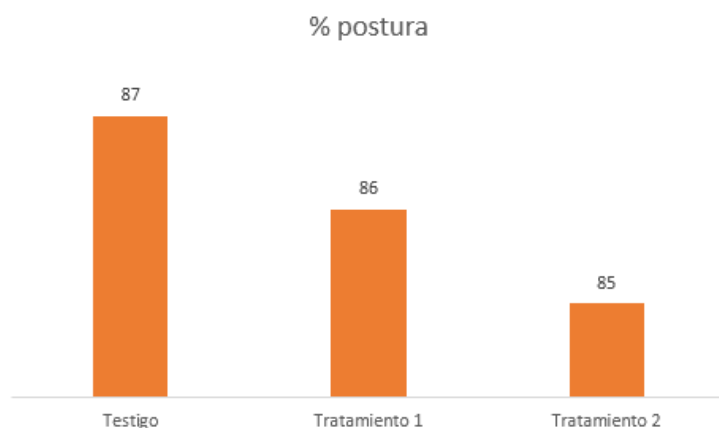
*Porcentaje de postura entre los tratamientos testigo, tratamiento 1 y 2*

#### **Figura 13**

*Porcentaje de postura entre los tratamientos testigo, tratamiento 1 y 2*

**Figura 14**

*Porcentaje de postura entre los tratamientos testigo, tratamiento 1 y 2*



*Nota.* Fuente Elaboración propia, (2024).

Se observa que no hay una diferencia significativa en los tratamientos para el porcentaje de postura.

### ***Peso Promedio***

El peso promedio de los huevos fue de 55.7 g, 56.1 g y 56.1 g para los tratamientos testigo, 1 y 2, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos ( $P > 0.05$ ). La media general fue de 55.97 g, con un error estándar de  $\pm 0.133$  g y una desviación estándar de 0.231 g.

**Figura 15**

*Peso promedio de huevos entre los tratamientos testigo, tratamientos 1 y 2*



*Nota.* Fuente, elaboración propia, (2024).

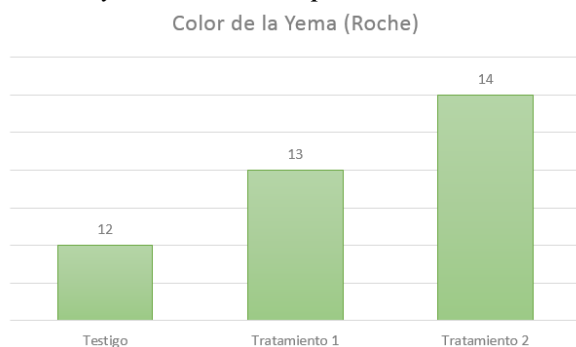
Los pesos de los huevos entre los tratamientos no tuvieron diferencias significativas estuvo entre el rango de 55.7 a 56.1.

### ***Coloración de la Yema***

El color de la yema se midió con la escala de Roche, encontrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. La pigmentación aumentó con la mayor inclusión de forraje verde, obteniéndose valores de 12, 13 y 14 unidades Roche para los tratamientos testigo, 1 y 2, respectivamente. La media general fue de 13 unidades Roche, con un error estándar de  $\pm 0.577$  y una desviación estándar de 1.

### **Figura 16**

*Color de yema de huevos para los tratamientos testigo, tratamiento 1 y 2.*



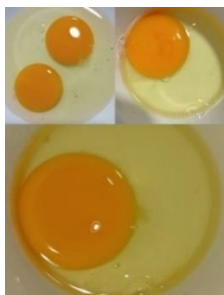
*Nota.* Fuente, elaboración propia, (2024).

El abanico de Roche es una herramienta utilizada para evaluar la coloración de la yema del huevo, basada en una escala de tonos que van desde colores pálidos hasta tonalidades más intensas de amarillo y naranja. En el proyecto, se utilizó esta escala para medir el impacto de la inclusión de forraje verde en la dieta de las gallinas ponedoras sobre la pigmentación de la yema. Para ello, se compararon los huevos de cada tratamiento con la escala del abanico Roche, obteniendo valores de 12, 13 y 14 unidades para el tratamiento testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2, respectivamente, lo que evidenció una mayor pigmentación a medida que aumentó la proporción de forraje en la alimentación.

El cambio en el color de la yema de los huevos entre el tratamiento testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2 es significativo porque refleja el impacto de la alimentación en la calidad del producto final. Una mayor pigmentación, evidenciada por valores más altos en la escala del abanico Roche (12 para el testigo, 13 para el tratamiento 1 y 14 para el tratamiento 2), indica un mayor contenido de carotenoides en la dieta de las gallinas, lo que no solo mejora la percepción del consumidor, sino que también puede aportar beneficios nutricionales. Este cambio sugiere que la inclusión de forraje verde en la alimentación de las aves contribuye a enriquecer la calidad del huevo, haciéndolo más atractivo en el mercado y potencialmente más saludable para el consumo.

### ***Figura 17***

Coloración de yema Testigo



*Nota.* Coloración de la yema de huevo correspondiente al tratamiento testigo, huevos A.

Elaboración propia (2014).

### ***Figura 18***

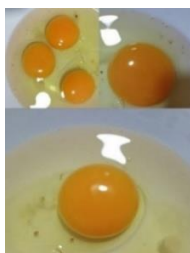
Coloración yema tratamiento 1



*Nota.* Coloración de la yema de huevo correspondiente al tratamiento 1 cuya dieta es de 70% alimento balanceado y 30% forraje verde, huevos AA. Elaboración propia, (2024).

### **Figura 19**

Coloración yema de huevo tratamiento 2



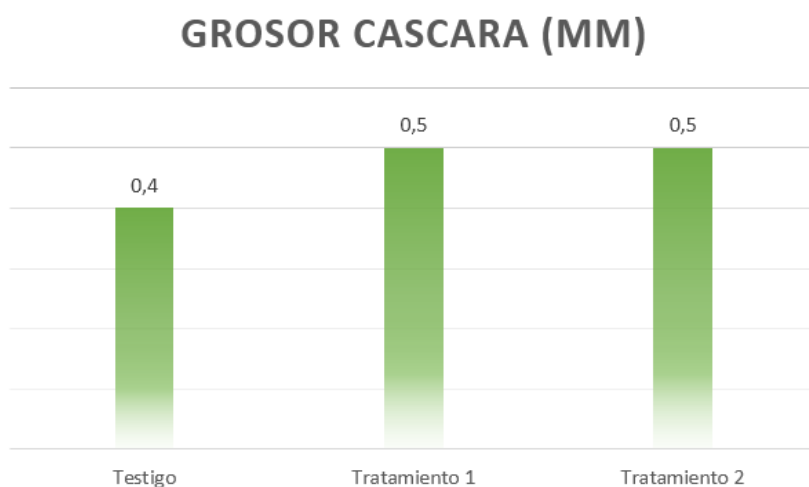
*Nota.* Coloración de la yema de huevo correspondiente al tratamiento 2 cuya dieta es de 50% alimento balanceado y 50% forraje verde, Huevo AAA. Elaboración propia, (2024).

### **Grosor Cascara**

El grosor de la cáscara fue mayor en los tratamientos con forraje verde en comparación con el testigo ( $P < 0.05$ ). Se obtuvieron valores de 0.4 mm, 0.5 mm y 0.5 mm para los tratamientos testigo, 1 y 2, respectivamente. La media general fue de 0.47 mm, con un error estándar de  $\pm 0.033$  mm y una desviación estándar de 0.058 mm.

### **Figura 20**

*Grosor de la cascara de huevos entre los tratamientos testigo, tratamientos 1 y 2*



*Nota.* El grosor de la cascara tuvo una diferencia entre los tratamientos con forraje verde vs alimentación balanceada. Elaboración propia, (2024).

Esta variación es significativa porque evidencia el efecto de la alimentación en la calidad estructural del huevo. En el estudio, se observó que el grosor promedio de la cáscara fue menor en el grupo testigo (0.35 mm), mientras que aumentó en el tratamiento 1 (0.38 mm) y alcanzó su mayor valor en el tratamiento 2 (0.40 mm). Este incremento sugiere que la inclusión de fuentes naturales de calcio y otros micronutrientes en la dieta de las aves fortalece la formación de la cáscara, mejorando su resistencia y reduciendo el riesgo de fracturas, lo que es clave para la comercialización y el almacenamiento del producto.

En resumen, de los resultados relevantes se puede indicar que:

No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de postura ni en el peso del huevo entre los tratamientos.

La coloración de la yema aumentó con la inclusión de forraje verde, indicando una mejor pigmentación.

El grosor de la cáscara fue mayor en los tratamientos con forraje verde.

Se logró una reducción en los costos de alimentación sin afectar la producción de huevos.

El tratamiento 2 permitió la mayor economía en costos, con una reducción del 48% en gasto de alimento balanceado y sin afectar significativamente la productividad.

Estos resultados respaldan la inclusión de forraje verde en la alimentación de gallinas ponedoras como una estrategia viable para reducir costos y mejorar algunos parámetros productivos.

## Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo reportado por Mahecha & Rosales (2005), quienes indican que el valor nutritivo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) permite su uso hasta en un 15% de inclusión en dietas para gallinas ponedoras sin afectar parámetros productivos. Además, Gutiérrez et al., (2014), señalan que el botón de oro contiene un alto contenido de proteína en sus hojas (14.8 – 28.8%) y presenta una alta degradabilidad ruminal de la materia seca (90% a las 48 horas), lo que sustenta su potencial uso como forraje.

Sin embargo, Rodríguez et al. (2018), citado por Mahecha & Rosales (2005), observaron una disminución en la producción de huevo al incluir un 20% de harina de botón de oro en gallinas Hy-Line Brown, atribuido a un menor aporte de aminoácidos disponibles debido a la presencia de factores anti nutricionales como los taninos. La diferencia en resultados del proyecto podría deberse a que utilizamos la planta fresca en lugar de harina; el proceso de secado y molido para obtener la harina puede concentrar algunos factores antinutricionales. Además, el uso de la planta completa, tanto hojas como pecíolos, también pudo haber diluido el efecto de los taninos presentes principalmente en las hojas (Lezcano et al., 2012, citados por Fuente Martínez et al., 2019).

En cuanto al grosor de la cáscara, De Mendonca y Lima (1999) citados por Candiotti Manrique, (2024), reportaron una mejora en este parámetro al reducir la proteína dietaria de 16.5% a 14.5%. Otros aspectos por considerar incluyen el suministro de calcio; según Pérez et al. (2013), el botón de oro tiene altos contenidos de calcio en sus hojas, cerca de 1.65 – 2.25%, lo cual pudo haber contribuido a mantener la calidad de la cáscara. El ramio también pudo tener un efecto positivo; Gutiérrez et al. (2014), mencionan que esta planta tiene un alto contenido de proteína (20.4%), calcio (2.5%) y carotenos, que ayudan en la pigmentación de la yema. Acosta

(1997), citado por Armengol et al. (2013), reportó que su inclusión hasta en un 10% en dietas de gallinas ponedoras no afectó el consumo.

Desde una perspectiva comercial, la mejora en parámetros como el grosor de la cáscara y la pigmentación de la yema puede incrementar el valor percibido de los huevos por parte de los consumidores, quienes suelen asociar una cáscara más gruesa con mayor frescura y una yema más pigmentada con mejor calidad nutricional. Además, la inclusión de forrajes locales como el botón de oro y el ramio puede reducir los costos de alimentación, disminuyendo la dependencia de concentrados comerciales y aprovechando recursos disponibles en la región. Esto no solo tiene implicaciones económicas, sino también ambientales, al promover prácticas más sostenibles en la producción avícola.

Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones del estudio. Factores como la edad de las aves, la duración del estudio y las condiciones ambientales pueden influir en los resultados, lo que dificulta una comparación directa con otros trabajos. Por ello, se requieren más investigaciones que evalúen diferentes niveles, formas de inclusión y procesamiento de forrajes alternativos como el botón de oro y el ramio en la alimentación de gallinas ponedoras Hy-Line Brown bajo diversas condiciones productivas para optimizar su uso. Además, sería pertinente analizar la presencia de factores anti nutricionales en estos forrajes y su impacto a largo plazo en la salud y productividad de las aves.

## Conclusiones

Los resultados del estudio demuestran que la sustitución parcial del alimento balanceado comercial por forraje verde, específicamente botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y ramio (*Boehmeria nivea*), hasta un 50%, no afectó negativamente los principales parámetros productivos de las gallinas ponedoras de la raza Hy-Line Brown. El porcentaje de postura se mantuvo estadísticamente similar entre el tratamiento testigo (87%) y los tratamientos con forraje (86% en T1 y 85% en T2), con una variación no significativa y una desviación estándar de solo 1%. De manera similar, el peso promedio del huevo no mostró diferencias significativas, oscilando entre 55.7 g y 56.1 g, con una baja variabilidad (desviación estándar de 0.231 g).

En términos de calidad del huevo, se observaron mejoras significativas asociadas a la inclusión de forraje verde. La pigmentación de la yema aumentó progresivamente con la mayor proporción de forraje en la dieta, pasando de 12 Roche en el tratamiento testigo a 13 Roche en T1 y 14 Roche en T2, lo que representa un beneficio comercial al mejorar la aceptación del producto por parte de los consumidores. Asimismo, el grosor de la cáscara mostró una mejora significativa en los tratamientos con forraje (0.5 mm frente a 0.4 mm en el testigo), sugiriendo una mejor mineralización y una mayor resistencia estructural del huevo, aspectos clave para su manipulación y almacenamiento.

El diagnóstico productivo inicial del sistema avícola evidenció oportunidades de mejora en diversas áreas, incluyendo la documentación de los procesos, la incorporación de personal técnico especializado, la adopción de nuevas tecnologías, la capacitación del personal y el fortalecimiento de la infraestructura y equipamiento. Estos aspectos son fundamentales para optimizar la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.

Finalmente, el programa de alimentación alternativa implementado en la Colonia Penal de Oriente demostró ser una estrategia técnicamente viable, alineada con el objetivo de establecer un modelo productivo más sostenible. La reducción en el uso de alimento balanceado comercial no solo permitió mantener la productividad de las gallinas, sino que también representó una alternativa ecológica y económicamente favorable, contribuyendo a la diversificación de insumos y al aprovechamiento de recursos locales. Se recomienda continuar con estudios a largo plazo que permitan evaluar el impacto de esta estrategia en la rentabilidad del sistema y su aplicabilidad en diferentes condiciones productivas.

## Recomendaciones

Establecimiento de bancos forrajeros sostenibles: Implementar y manejar de manera continua cultivos de forrajes con alto valor proteico, como botón de oro (*Tithonia diversifolia*), ramio (*Boehmeria nivea*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y morera (*Morus alba*), garantizando su disponibilidad durante todo el año. Esto permitirá fortalecer el programa de sustitución de alimento balanceado, optimizar costos y mejorar la autonomía en la alimentación de las gallinas ponedoras.

Ampliación de estudios en calidad del huevo: Continuar con investigaciones que profundicen el impacto de la inclusión de forrajes en parámetros de calidad del huevo, como la coloración de la yema, el grosor de la cáscara y el perfil nutricional del huevo, evaluando además su aceptación sensorial en el mercado. También se recomienda analizar el efecto de diferentes niveles de inclusión y formas de procesamiento del forraje para maximizar sus beneficios.

Fortalecimiento de la capacitación para los internos: Incorporar los resultados de esta investigación en los programas de formación para los privados de la libertad, promoviendo la transferencia de conocimientos sobre producción avícola sostenible. Esto contribuirá a la generación de habilidades laborales, facilitando su reinserción social y la posibilidad de replicar estos modelos productivos en otros contextos.

Transición hacia un modelo de producción semi-ecológico: Migrar progresivamente el sistema de producción de gallinas ponedoras de la Colonia Penal de Oriente hacia un modelo semi-ecológico, reduciendo la dependencia del alimento balanceado comercial. Para ello, se recomienda establecer estrategias de manejo integral, como el uso de forrajes, sistemas agroecológicos y mejoras en el bienestar animal, con el fin de reducir costos sin comprometer la productividad.

Mejoras en la infraestructura y tecnificación del sistema avícola: Fortalecer la infraestructura del sistema avícola mediante la adecuación de espacios, la mejora en el manejo de residuos y la implementación de tecnologías que optimicen la producción, como sistemas de recolección eficiente de huevos y monitoreo de la calidad del ambiente. Esto contribuirá a mejorar las condiciones de las aves y la eficiencia del sistema productivo.

Evaluación económica y escalabilidad del modelo: Realizar estudios de viabilidad económica para determinar los costos y beneficios de la implementación de la alimentación alternativa a largo plazo. Además, se recomienda explorar la posibilidad de ampliar el modelo productivo para abastecer mercados locales, convirtiéndolo en una fuente de ingresos sostenible para la institución.

Optimización del manejo nutricional y sanitario: Diseñar planes de suplementación estratégica con minerales y vitaminas, asegurando que la alimentación con forrajes no genere deficiencias nutricionales. Paralelamente, fortalecer los protocolos de bioseguridad y manejo sanitario de las aves para prevenir enfermedades y garantizar la calidad del producto final.

Articulación con entidades académicas y productivas: Generar alianzas con universidades, centros de investigación y productores locales para mejorar el desarrollo del proyecto, intercambiar conocimientos y evaluar nuevas estrategias de alimentación alternativa. La cooperación con otras instituciones permitirá validar y optimizar los resultados obtenidos.

### Referencias Bibliográficas

- Aguilera-Díaz, M. (2014). *Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: Instituciones, organizaciones y tecnología*.  
<https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3177>
- Angulo Arizala, J., Gallego Castro, L. A., & Mahecha Ledesma, L. (2017). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto1. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 213-222.  
<https://www.redalyc.org/journal/437/43748637017/html/>
- Armengol, N., Pérez, A., Reyes, F., & Wencomo, B. (2013). *Boehmeria nivea* (L.) Gaud. Pastos y Forrajes. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 398-403.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-03942013000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942013000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Bohorquez Arevalo, V. D. (2024). *PERSPECTIVA DE LA PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN COLOMBIA* [Universidad Militar Nueva Granada.].  
<https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/826ed271-f944-4cd0-948b-8cb2cb6aa966/content>
- Buitrago Guillen, M. E., Melo, D. S., & Narváez Solarte, W. (2020). *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich (Urticales: Urticaceae): alternativa forrajera para la alimentación animal sostenible. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 24(2), 53-62. <https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.2.4>
- Camara de Comercio de Bogotá. (2021). *INFORME SECTOR AVÍCOLA 2021* [Sectorial].  
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/b272cb37-2841-4216-a48d-41bd01fcf225/content>

- Candiotti Manrique, M. Y. (2024). *Efectos de niveles de proteína balanceada sobre la respuesta productiva y económica de gallinas de postura*. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/5067>
- Cueva, J. V. M. de la, Macas Moreira, K. M., González Buitrón, K. T., Mendoza Vélez, C. F., Cueva, J. V. M. de la, Macas Moreira, K. M., González Buitrón, K. T., & Mendoza Vélez, C. F. (2019). Evaluación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la alimentación de cuyes. *Idesia (Arica)*, 37(4), 5-9. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000400005>
- DNP. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, Colombia, Potencia Mundial de la Vida*. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. <https://www.dnp.gov.co:443/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Elizondo, J., & Boschini, C. (s. f.). *Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz*. Recuperado 4 de febrero de 2025, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712208>
- FENAVI. (2022, noviembre 21). Caracterización Económica del Sector Avícola en Meta. *Federación Nacional de Avicultores de Colombia*. <https://fenavi.org/publicaciones-programa-economico/caracterizacion-economica-del-sector-avicola-en-meta-2022/>
- Fuente Martínez, B., Carranco Jáuregui, M., Barrita Ramírez, V., Ávila González, E., & Sanginés García, L. (2019). Efecto de la harina de *Tithonia diversifolia* sobre las variables productivas en gallinas ponedoras. *Abanico Veterinario*, 9(0), Article 0. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/191>

Gálvez, N., & FENAVI. (2023, octubre 31). Fenaviquín edición 389—Octubre 31 de 2023.

*FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia*. <https://fenavi.org/boletin-fenaviquin/fenaviquin-edicion-389-octubre-31-de-2023/>

González Castillo, J. C., Hahn Von Hessberg, C. M., & Narváez Solarte, W. (2014).

Características botánicas de *tithonia diversifolia* (asterales asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Boletín científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(2), 45-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9525650>

Gutiérrez, D., Morales, A., Elías, A., López, R. G., & Sarduy, L. (2014). *Composición química y*

*degradabilidad ruminal in situ de la materia seca en ensilajes mixtos Tithonia diversifolia: Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169, inoculados con el producto biológico VITAFERT. 48(4). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193033033012>

Gutiérrez, M. de los A. (2023, mayo 2). *Avicultura colombiana: PIB Avícola en continuo*

*crecimiento*. aviNews, la revista global de avicultura. <https://avinews.com/avicultura-colombiana-pib-avicola-en-continuo-crecimiento/>

Hylinena. (2018). *Guía de manejo para la raza Hy Line Brown de Hy-Line*

(BRN.COM.NA.SPN) [1-3-20]. Hy-Line International. <https://hylinena.com/wp-content/uploads/2020/01/Brown-Spanish-updated-1-2020.pdf>

IMPEC. (s. f.). *Camis Acacias*. INPEC. Recuperado 4 de febrero de 2025, de

<https://www.inpec.gov.co/establecimientos-penitenciarios/regional-central/camis-acacias>

INPEC. (2024). *100 años Acacias: Colonia Agrícola*.

Kish, W. H. (1968). Survey sampling. John wiley & sons, inc. , New york, london 1965, ix + 643

s., 31 abb. , 56 tab. , Preis 83 s. *Biometrische Zeitschrift*, 10(1), 88-89.

<https://doi.org/10.1002/bimj.19680100122>

- Kundu, A., Mahapatra, B. S., Kar, C. S., Kharbikar, L. I., Saha, A., Sarkar, D., & Sinha, M. K. (1970). Why is ramie the strongest yet stiffest of bast fibres. *Central Research Institute for Jute and Allied Fibres (crijaf.)*, 98(12).
- Kuntjoro, A., Sutarno, S., & Astirin, O. P. (2009). Body weight and statistic vital of Texel sheep in Wonosobo District by giving the ramie hay as an additional woof. *Nusantara Bioscience*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n010102>
- Mahecha, L., & Rosales, M. (2005a). *Valor nutricional del follaje de boton de oro (Tithonia diversifolia [Hemsl]. Gray), en la producción animal en el trópico* (17(9)). Livestock Research for Rural Development.
- Mahecha, L., & Rosales, M. (2005b). *Valor nutricional del follaje de boton de oro (Tithonia diversifolia [Hemsl]. Gray), en la producción animal en el trópico*. 17(9). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20053164329>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). *Boletín de precios de alimento balanceado para animales No. 1*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Boletines/BOLET%20C3%8DN%20DE%20PRECIOS%20DE%20ALIMENTO%20BALANCEADO%20PARA%20ANIMALES%20No.1%20de%202021.pdf>
- Montañez, G. A. (2022). *Inclusión de Botón de oro (Tithonia diversifolia) en la dieta de gallinas ponedoras de la raza Back Brown y su influencia en los parámetros productivos*. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/8929>
- Montgomery, D. (2017). *Diseño y análisis de experimentos* (9.<sup>a</sup> ed.). Wiley. [https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o\\_y\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_experimentos\\_Douglas\\_C\\_Montgomery](https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery)

- Montoya, J. D. P., Marín, C. L. G., & Gutiérrez, J. M. (2020). Comportamiento productivo y económico de gallinas de postura Hy-Line Brown en semipastoreo con la inclusión de dos tipos de dietas. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(46), Article 46. <https://doi.org/10.47286/01211463.322>
- Naciones Unidas. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible* [Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible]. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Navarro Flórez, J. L. (2018). *Evaluación del efecto de tres diferentes forrajes: Ramio (boehmeria nivea), botón de oro ( tithonia diversifolia) y yatago (trichanthera gigantea) en una dieta comercial para pollos de engorde de la línea coob 2.* <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1836>
- Oliveira, A. L. M. (2007). *Composição química do rami (Boehmeria nivea, Gaud.) submetido à adubação orgânica e a diferentes intervalos de cortes.* [https://www.semanticscholar.org/paper/Composi%C3%A7%C3%A3o-qu%C3%ADmica-do-rami-\(Boehmeria-nivea%2C-Gaud.\)-Oliveira/f9b9552f5270d2efb4fd396dbf31ef81fb1f97bd](https://www.semanticscholar.org/paper/Composi%C3%A7%C3%A3o-qu%C3%ADmica-do-rami-(Boehmeria-nivea%2C-Gaud.)-Oliveira/f9b9552f5270d2efb4fd396dbf31ef81fb1f97bd)
- Palacio Honguín, S., & Tascón Terranova, V. (2019). *Comparación de parámetros productivos de las líneas genéticas Hy-line Brown, Isa Brown, Babcock Brown en granja avícola la reserva.* <https://hdl.handle.net/11059/11383>
- Portillo Miranda, J. M. T. (2006). *Evaluación de tres dietas para gallina criolla cuello desnudo y su efecto sobre los parámetros productivos y reproductivos en su primer período de postura bajo un sistema semi-intensivo; Chiquimula, Guatemala* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2930/>

- Revista Avicultores. (2024, diciembre 16). *El sector avícola registra un crecimiento de 2,8% en el 2024—Revista Avicultores [AVICULTORES]*. <https://avicultores.com/el-sector-avicola-registra-un-crecimiento-de-28-en-el-2024/>
- Rodríguez, B., Savón, L., Vázquez, Y., Ruiz, T. E., & Herrera, M. (2018). Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. *Livestock Research for Rural Development.*, 30(56).  
<http://www.lrrd.org/lrrd30/3/brod30056.html>
- Salazar Rosero, S. N. (2010). *Caracterización de la fibra de Ramio (Bohemeria Nívea) y estudio del efecto que el tiempo de cosecha tiene sobre sus propiedades mecánicas* [bachelorThesis, QUITO/EPN/2010]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2303>
- SCHEAFFER, R. L., LYMAN, O. R., & MENDENHALL, W. (2006). *Elementos de muestreo*. Ediciones Paraninfo S.A.
- Sen, T., & Reddy, H. J. (2011). *Various Industrial Applications of Hemp, Kinaf, Flax and Ramie Natural Fibres*. 2(3). <https://doi.org/DOI: 10.7763/IJIMT.2011.V2.130>
- Soler Fonseca, D. M., & Fonseca C., J. A. (2011). Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: Revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores. *RIAA*, 2(1), 29-43.  
[https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3901984&utm\\_source=chatgpt.com](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3901984&utm_source=chatgpt.com)
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2012). *Cadena productiva de alimentos concentrados y balanceados para la industria avícola y porcina—Diagnostico de libre competencia*.  
[https://www.sic.gov.co/recursos\\_user/documentos/promocion\\_competencia/Estudios\\_Economicos/ALIMENTOS%20BALANCEADOS.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/ALIMENTOS%20BALANCEADOS.pdf?utm_source=chatgpt.com)

## Apéndice

### Apéndice A

#### Análisis Andeva

#### Componentes generales de las tablas Andeva:

GL (Grados de Libertad):

Tratamientos:  $GL = \text{número de tratamientos} - 1 = 3 - 1 = 2$

Error:  $GL = (\text{número de tratamientos}) \times (\text{número de repeticiones} - 1) = 3 \times (3-1) = 6$

Total:  $GL = (\text{número total de observaciones} - 1) = 9 - 1 = 8$

SC (Suma de Cuadrados): Mide la variabilidad total de los datos

CM (Cuadrado Medio): SC dividido entre los GL

F calculada: CM tratamientos dividido entre CM error

F tabulada: Valor crítico de la distribución F al 5% de significancia

CV (Coeficiente de Variación): Mide la precisión del experimento

#### 1. Porcentaje de postura

Copy

| Fuente de Variación | GL | SC    | CM   | F calc | F tab | Sig |
|---------------------|----|-------|------|--------|-------|-----|
| Tratamientos        | 2  | 4.67  | 2.33 | 2.33   | 5.14  | NS  |
| Error               | 6  | 6.00  | 1.00 |        |       |     |
| Total               | 8  | 10.67 |      |        |       |     |

SC tratamientos (4.67) indica la variación entre tratamientos

F calculada (2.33) < F tabulada (5.14) → No hay diferencias significativas

CV = 1.16% indica alta precisión experimental

La variación entre los porcentajes (87%, 86%, 85%) no es estadísticamente significativa

## 2. Peso del huevo

Copy

| Fuente de Variación | GL | SC   | CM    | F calc | F tab | Sig |
|---------------------|----|------|-------|--------|-------|-----|
| Tratamientos        | 2  | 0.32 | 0.16  | 3.00   | 5.14  | NS  |
| Error               | 6  | 0.32 | 0.053 |        |       |     |
| Total               | 8  | 0.64 |       |        |       |     |

SC total pequeña (0.64) indica poca variación en los datos

F calculada (3.00) < F tabulada (5.14) → No hay diferencias significativas

CV = 0.41% indica excelente precisión experimental

Los pesos (55.7g, 56.1g, 56.1g) son estadísticamente similares

## 4. Color de yema

Copy

| Fuente de Variación | GL | SC   | CM   | F calc | F tab | Sig |
|---------------------|----|------|------|--------|-------|-----|
| Tratamientos        | 2  | 6.00 | 3.00 | 6.00   | 5.14  | *   |
| Error               | 6  | 3.00 | 0.50 |        |       |     |
| Total               | 8  | 9.00 |      |        |       |     |

F calculada (6.00) > F tabulada (5.14) → Hay diferencias significativas

CV = 5.44% indica buena precisión experimental

Los valores Roche (12, 13, 14) son estadísticamente diferentes

La mayor SC tratamientos (6.00) indica fuerte efecto del tratamiento

## 5. Grosor de cáscara

Copy

| Fuente de Variación | GL | SC   | CM    | F calc | F tab | Sig |
|---------------------|----|------|-------|--------|-------|-----|
| Tratamientos        | 2  | 0.02 | 0.01  | 5.33   | 5.14  | *   |
| Error               | 6  | 0.01 | 0.002 |        |       |     |
| Total               | 8  | 0.03 |       |        |       |     |

**Interpretación general:**

Para postura y peso del huevo, las diferencias no fueron significativas, lo que respalda que el forraje verde no afectó negativamente estos parámetros.

Para color de yema y grosor de cáscara, las diferencias fueron significativas, demostrando el efecto positivo del forraje verde.

Los CV bajos (<10%) en todos los parámetros indican que el experimento fue bien conducido y los datos son confiables.

La significancia estadística (\*) indica que hay menos de 5% de probabilidad de que las diferencias observadas sean debidas al azar.

*Nota.* Descripción del análisis Andeva realizado.

## Apéndice B

### *Fotos de la toma de muestras*



*Nota.* Fotos evidencia de la toma de medidas del huevo y la cáscara.