

Efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura de línea genética Isa Brown, en el municipio de Sogamoso Boyacá

Claudia Sofía Chaparro Fernández

Xiomara Mayerli Pérez Acero

Asesor

Rigoberto Vergara Coronado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Zootecnia

2026

Aceptación

Rigoberto Vergara Coronado

Director de Trabajo de Grado

Madeleidy Ortiz Duran

Jurado

Dedicatoria

A nuestras familias, pilares fundamentales que sostuvieron este sueño con amor incondicional y paciencia infinita, gracias por ser nuestro apoyo y el impulso constante en cada etapa de nuestra formación.

De manera especial, a la memoria de mi querida amiga y compañera, Claudia, y a su familia. Gracias por confiar en mí para culminar este camino que iniciamos juntas. Claudia no solo fue mi colega, sino mi inspiración diaria para alcanzar nuestro objetivo, su alegría, su esfuerzo y su carisma están impresos en cada página de este trabajo. Aunque el destino no nos permitió cruzar la meta tomadas de la mano, su luz fue el motor que me impidió rendirme.

A Liam Stefan, su amado hijo, este esfuerzo es también para ti. Deseo que, al crecer, encuentres en estas líneas el testimonio del amor y la entrega de tu madre. Esta tesis es el fruto de un sueño que ella construyó para ti, que este legado te inspire a alcanzar tus propios horizontes, con la certeza de que ella siempre creyó en tu gran capacidad e inteligencia.

A nuestros docentes y a todos aquellos que creyeron en nosotras. Gracias por guiarnos, este triunfo es la suma de todas las manos que nos sostuvieron.

Agradecimientos

Damos gracias a Dios y la Santísima Virgen María por concedernos la salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para desarrollar y culminar con éxito nuestros estudios, así como la fortaleza espiritual que nos permitió avanzar de manera constante en nuestra formación profesional. Expresamos un especial reconocimiento a nuestros docentes, quienes, mediante su orientación, exigencia académica y sólidos conocimientos, guiaron nuestro proceso de aprendizaje. De manera particular, agradecemos a nuestro director de tesis de grado, profesor Rigoberto Vergara Coronado, por su acompañamiento permanente, su disposición y valiosa orientación; al profesor Horacio Rojas, por su paciencia, dedicación y destacada forma de compartir el conocimiento; a todos nuestros docentes, amigos y familiares que nos dieron su confianza, apoyo y colaboración a lo largo de nuestro proceso de formación profesional, que hoy se ve plasmado en nuestro proyecto de vida.

Resumen

El presente documento evidencia los resultados de evaluación del efecto de inclusión de remolacha (*Beta Vulgaris*) en la dieta de gallinas ponedoras de la línea Isa Brown en la ciudad de Sogamoso Boyacá. Mediante un diseño experimental de ocho semanas con cuatro niveles de suplementación: 0% (T0), 2% (T1), 4% (T2) y 6% (T3). El estudio se enfocó en analizar los cambios en los parámetros productivos, la calidad físico-química del huevo y la rentabilidad del sistema productivo. Durante el periodo experimental se registraron datos diarios de postura y consumo de alimento, además de realizar análisis de laboratorio para determinar el peso, la clasificación comercial y la pigmentación de la yema, utilizando la escala colorimétrica Abanico de Roche. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 (2%) fue el nivel más adecuado de inclusión, alcanzando una tasa de postura del 92,36% y una conversión alimenticia de 1.83, incluso con un comportamiento ligeramente superior al grupo control. En cuanto a la calidad externa, este tratamiento concentró la mayor cantidad de huevos categoría AA y fue el único que logró clasificaciones AAA y Jumbo. La pigmentación de la yema se mantuvo en rangos comerciales estables y la calidad interna, evaluada mediante el índice de yema y el pH, no presentó alteraciones negativas. Desde el punto de vista económico, el análisis determinó que únicamente el nivel de inclusión al 2% resultó rentable. En conclusión, la suplementación con remolacha al 2% se consolida como una alternativa nutricional viable que mejora el perfil comercial del huevo sin afectar la estabilidad productiva ni comprometer la estructura de costos del sistema.

Palabras clave: remolacha (*Beta vulgaris*), Isa Brown, parámetros productivos, calidad del huevo, viabilidad económica.

Abstract

This document presents the results of an evaluation concerning the effect of including beet (*Beta vulgaris*) in the diet of Isa Brown laying hens in the city of Sogamoso, Boyacá. Through an eight-week experimental design, four supplementation levels were tested: 0% (T0), 2% (T1), 4% (T2), and 6% (T3). The study focused on analyzing changes in production parameters, the physicochemical quality of the eggs, and the profitability of the production system. During the experimental period, daily data on laying rates and feed intake were recorded; additionally, laboratory analyses were performed to determine weight, commercial classification, and yolk pigmentation using the Roche Yolk Color Fan scale. The results showed that treatment T1 (2%) was the most appropriate inclusion level, achieving a laying rate of 92.36% and a feed conversion ratio of 1.83, even performing slightly better than the control group. Regarding external quality, this treatment concentrated the highest amount of Grade AA eggs and was the only one to achieve AAA and Jumbo classifications. Yolk pigmentation remained within stable commercial ranges, and internal quality—evaluated through the yolk index and pH—showed no negative alterations. From an economic perspective, the analysis determined that only the 2% inclusion level was profitable. In conclusion, supplementation with 2% beet stands out as a viable nutritional alternative that improves the commercial profile of the egg without affecting production stability or compromising the system's cost structure.

Keywords: beet (*Beta vulgaris*), Isa Brown, production parameters, egg quality, economic viability.

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 13 |
| Planteamiento del problema..... | 15 |
| Justificación..... | 17 |
| Objetivos | 20 |
| Objetivo general | 20 |
| Objetivos específicos..... | 20 |
| Marco Teórico..... | 21 |
| Marco Conceptual | 25 |
| Marco Geográfico | 30 |
| Metodología | 33 |
| Propuesta metodológica..... | 33 |
| Tipo de investigación | 34 |
| Población objeto de estudio | 35 |
| Fuentes de información | 35 |
| Fases del proceso investigativo..... | 36 |
| Primera Fase: Implementación (semana 1 a 9 / 21 agosto – 22 octubre) | 36 |
| Segunda Fase: Seguimiento (semana 9 a 16 / 23 octubre – 11 diciembre)..... | 37 |
| Tercera Fase: Análisis de Resultados (diciembre 2024)..... | 37 |
| Efecto de la inclusión de remolacha (<i>Beta vulgaris</i>) en la dieta de aves de postura de línea genética Isa Brown, en el municipio de Sogamoso Boyacá..... | 38 |
| Gallinas Ponedoras Isa Brown..... | 38 |
| Plan de Alimentación..... | 40 |

| | |
|---|----|
| Manejo Sanitario..... | 41 |
| Porcentaje de mortalidad | 43 |
| Consumo de Alimento..... | 44 |
| Producción y Peso Promedio del Huevo | 50 |
| Conversión alimenticia..... | 55 |
| Evaluación de Características Externas..... | 57 |
| Color del Huevo | 57 |
| Clasificación del Huevo..... | 61 |
| Análisis de Resultados | 64 |
| Índice Morfológico | 69 |
| Morfología de Yema Según los Tratamientos | 71 |
| Color de Yema..... | 74 |
| Determinación de pH | 81 |
| Análisis de la viabilidad técnica y económica del uso de remolacha (Beta vulgaris)..... | 86 |
| Conclusiones | 89 |
| Referencias Bibliograficas..... | 93 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Consumo de Alimentación T0</i> | 45 |
| Tabla 2 <i>Consumo de Alimentación T1 Suplementadas con el 2% de Remolacha</i> | 46 |
| Tabla 3 <i>Consumo de Alimentación T2 Suplementadas con el 4% de Remolacha</i> | 47 |
| Tabla 4 <i>Consumo de alimentación T3 suplementadas con el 6% de remolacha</i> | 48 |
| Tabla 5 <i>Producción de Huevos T0</i> | 51 |
| Tabla 6 <i>Producción de Huevos T1</i> | 51 |
| Tabla 7 <i>Producción de Huevos T2</i> | 52 |
| Tabla 8 <i>Producción de Huevos T3</i> | 52 |
| Tabla 9 <i>Conversión Alimenticia Total (kg alimento/kg huevo) en Aves de Postura con Inclusión de Remolacha (semanas 25 – 32)</i> | 55 |
| Tabla 10 <i>Promedio del Color de la Cascara por Grupos</i> | 59 |
| Tabla 11 <i>Clasificación del Huevo a Partir de la Norma Técnica Colombiana (NTC 1240)</i> | 61 |
| Tabla 12 <i>Clasificación de Huevos Tratamiento T0</i> | 64 |
| Tabla 13 <i>Clasificación de Huevos Tratamiento T1</i> | 64 |
| Tabla 14 <i>Clasificación de Huevos Tratamiento T2</i> | 65 |
| Tabla 15 <i>Clasificación de Huevos Tratamiento T3</i> | 65 |
| Tabla 16 <i>Distribución de Huevos por Tratamiento Según su Clasificación por Peso</i> | 66 |
| Tabla 17 <i>Promedio Índice Morfológico Semanal por Tratamiento</i> | 70 |
| Tabla 18 <i>Índice Morfológico de la Yema de Huevo</i> | 72 |
| Tabla 19 <i>Totalidad de huevos por Tratamiento Según Escala Abanico Roche</i> | 75 |
| Tabla 20 <i>Clasificación Según Escala de pH de Clara de Huevo</i> | 81 |
| Tabla 21 <i>Clasificación Según Escala de pH de Yema de Huevo</i> | 81 |

| | |
|---|----|
| Tabla 22 <i>Estructura de Costos de Producción para T0</i> | 86 |
| Tabla 23 <i>Estructura de Costos de Producción para T1</i> | 86 |
| Tabla 24 <i>Estructura de Costos de Producción para T2</i> | 87 |
| Tabla 25 <i>Estructura de Costos de Producción para T3</i> | 87 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Ubicación del Sistema Productivo</i> | 32 |
| Figura 2 <i>Peso Promedio Total de los Huevos</i> | 54 |
| Figura 3 <i>Conversión Alimenticia Total en Aves de Postura con Inclusión de Remolacha (Semana 25 - 32)</i> | 56 |
| Figura 4 <i>Escala de Color de la Cáscara de Huevo</i> | 58 |
| Figura 5 <i>Escala de Color de la Cáscara del Huevo por Tratamiento</i> | 60 |
| Figura 6 <i>Porcentaje de Clasificación del Huevo Según NTC 1240</i> | 68 |
| Figura 7 <i>Promedio del Índice Morfológico en Huevos de Aves Suplementadas con Remolacha</i> | 70 |
| Figura 8 <i>Índice de Yema General de los Tratamientos Según las Semanas de Estudio</i> | 73 |
| Figura 9 <i>Abanico de Roche</i> | 75 |
| Figura 10 <i>Evaluación del Grado de Pigmentación en Yema de Huevo Mediante la Escala de Abanico de Roche</i> | 78 |
| Figura 11 <i>Tendencia de Color de Yema de Huevo Abanico de Roche</i> | 79 |
| Figura 12 <i>Escala de pH para Clara de Huevo</i> | 83 |
| Figura 13 <i>Escala de pH para Yema de Huevo</i> | 84 |

Lista de Apéndices

| | |
|---|-----|
| Apéndice A <i>Encuesta con Consentimiento de los Consumidores de los Huevos Producidos Durante el Tratamiento</i> | 99 |
| Apéndice B <i>Instalaciones y Materiales del Sistema Productivo</i> | 100 |
| Apéndice C <i>Alimentación de Aves de Postura: Alimento Balanceado, Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>) y Suplementos (Vitaminas y Ajo)</i> | 101 |
| Apéndice D <i>Selección de Huevos para Evaluación de Parámetros</i> | 102 |
| Apéndice E <i>Evaluación de Parámetros Externos e Internos del Huevo</i> | 103 |
| Apéndice F <i>Limpieza de Corrales, Desinfección de Utensilios y Fumigación Contra Ácaro Rojo (<i>Dermanyssus gallinae</i>)</i> | 107 |
| Apéndice G <i>Reporte de Muerte de Gallina Ponedora 21 de octubre de 2024</i> | 108 |
| Apéndice H <i>Toma de Datos en Registros Mediante el Uso de Software Excel</i> | 109 |

Introducción

La producción avícola en el contexto mundial enfrenta el desafío permanente de optimizar la calidad del huevo, en respuesta tanto a las crecientes exigencias del mercado como a las tendencias orientadas hacia sistemas productivos más naturales, eficientes y sostenibles. En Colombia, este subsector reviste una alta relevancia económica, social y nutricional, consolidándose como uno de los principales pilares de la seguridad alimentaria.

Durante el año 2024, la producción nacional alcanzó un total de 18.019 millones de huevos, lo que representó un crecimiento del 6,8 % con respecto al año anterior (FENAVI, 2024). De manera paralela, el consumo per cápita se ubicó entre 342 y 346 huevos por persona/año, posicionando al país entre los mayores consumidores de huevo a nivel mundial (FENAVI, 2024). En este mismo reporte se afirma que la producción avícola colombiana alcanzó un valor estimado de 27 billones de pesos y generó más de 350.000 empleos directos e indirectos, consolidándose como uno de los motores productivos más importantes del país.

De acuerdo con el Centro de Noticias de la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI, 2025) para mediados de octubre de 2025 el consumo promedio nacional alcanzó aproximadamente un huevo por persona al día, finalizando este mismo año con una producción de 19.403 millones de unidades lo que representa un crecimiento estimado del 7,7 % frente al año inmediatamente anterior (FENAVI, 2026). Asimismo, la Bolsa Mercantil de Colombia (BMC, 2024) reporta que en el territorio nacional se consumen diariamente cerca de 50 millones de huevos, lo cual reafirma la importancia estratégica de este producto en la dieta de la población y en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria del país.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de gallinas ponedoras de la línea Isa Brown, con énfasis

en su influencia sobre la pigmentación de la yema y su impacto en el desempeño productivo. De esta manera, la investigación se constituye como un primer acercamiento al uso de aditivos naturales en la alimentación de aves ponedoras, orientado a la mejora de atributos comerciales y de calidad del huevo, un alimento de alta demanda y con un impacto económico significativo dentro del sector avícola.

El estudio se desarrolló bajo condiciones controladas durante un periodo de ocho semanas, mediante un diseño experimental que contempló cuatro tratamientos: un grupo testigo sin inclusión de remolacha y tres grupos experimentales con niveles crecientes de inclusión del 2%, 4% y 6%, respectivamente. Se evaluaron variables productivas como el consumo de alimento, el número de huevos producidos y el peso del huevo, así como parámetros fisicoquímicos y organolépticos de calidad interna. Entre estos, se hizo especial énfasis en la determinación del color de la yema mediante la escala de Roche, el índice de yema y otras características internas del huevo.

Si bien los resultados obtenidos aportan evidencia preliminar sobre el potencial pigmentante de la remolacha en la alimentación de gallinas ponedoras, se reconoce la necesidad de profundizar en futuras investigaciones sobre aspectos como la estabilidad del color durante el almacenamiento, la aceptación por parte del consumidor y la viabilidad económica de su aplicación a escala comercial, considerando la limitada disponibilidad de antecedentes en la literatura científica respecto a su uso en este tipo de sistemas productivos.

Planteamiento del problema

La baja pigmentación de la yema de huevo en gallinas ponedoras en el municipio de Sogamoso Boyacá, puede estar relacionada con diversos factores, entre ellos la alimentación y las condiciones ambientales en las que se encuentran las aves. La pigmentación de la yema está directamente relacionada con la presencia de carotenoides en la alimentación de las gallinas, al metabolizarse en el organismo, son responsables de aportar los pigmentos rojizos y amarillos que dan el color característico a la yema. Si la dieta no contiene suficientes cantidades de estos compuestos, se ve afectada la coloración.

La dependencia exclusiva del alimento balanceado en las gallinas ponedoras también puede ser una causa de la baja pigmentación en el municipio de Sogamoso, Boyacá, ya que es posible que muchos productores de la región no dispongan de los recursos necesarios para incluir otros alimentos en la producción, como la remolacha o productos sintéticos que modifiquen el color de la yema. Según Arroyo et al. (2017), la inclusión de fuentes naturales de pigmentos, como alfalfa (*Medicago sativa*), remolacha (*Beta vulgaris*) y caléndula (*Calendula officinalis*), en la dieta de las gallinas mejora la pigmentación de la yema; estos ingredientes son ricos en carotenoides, importantes para producir pigmentos en la yema.

La limitada capacidad de los consumidores para diferenciar entre productos locales e industriales también podría tener un impacto significativo en la cadena de suministro alimentario y en la economía local. Los productos locales suelen asociarse con calidad superior y prácticas sostenibles, mientras que los industriales se relacionan con eficiencia y bajos costos. Según Vásquez et al. (2019), los consumidores tienden a preferir los productos locales por razones ambientales, éticas y sociales; cabe resaltar que la falta de información clara sobre el origen y los procesos de producción puede dificultar la toma de decisiones informadas. Por lo tanto, resulta

importante promover la transparencia en la cadena alimentaria mediante sistemas de certificación, etiquetado y trazabilidad, que permitan diferenciar con mayor facilidad entre productos locales e industriales y tomar decisiones más acertadas.

Finalmente, la preferencia por pigmentos sintéticos más económicos y estables también podría contribuir a la baja pigmentación de la yema; estos pigmentos suelen ser más baratos y ofrecen mayor estabilidad en comparación con los naturales, lo que ha llevado a que muchos productores opten por utilizarlos para mejorar la coloración. Sin embargo, su calidad y seguridad aún generan inquietudes, ya que algunos estudios han reportado posibles efectos adversos para la salud. Por ello, es fundamental que productores y consumidores conozcan los beneficios y riesgos de estas alternativas y consideren fuentes naturales, seguras y de calidad, para mejorar la pigmentación de los huevos sin comprometer la salud.

Lo anterior conduce a plantear la siguiente discusión sobre el efecto de la inclusión de la remolacha picada (*Beta vulgaris*) en la dieta de las gallinas ponedoras de línea genética Isa Brown para el mejoramiento de la pigmentación de la yema de huevo, aplicado al proceso productivo en el municipio de Sogamoso Boyacá, constituye el eje central para el desarrollo de la presente investigación.

Justificación

El suministro de hortalizas en la alimentación de gallinas ponedoras Isa Brown en el municipio de Sogamoso Boyacá, busca mejorar la calidad del huevo y el desempeño productivo, teniendo en cuenta que la remolacha (*Beta vulgaris*) contiene altos niveles de carbohidratos y humedad, así como proteína, fibra, calcio y vitaminas, entre otros nutrientes que contribuyen a cubrir los requerimientos nutricionales de las aves de postura. De esta manera, se plantea la posibilidad de ofertar un producto local diferenciado.

El color de la yema de huevo está determinado principalmente por los pigmentos carotenoides provenientes de la dieta suministrada a las aves (Pérez-Vendrell et al., 2001). Uno de los carotenoides más importantes es la luteína, responsable del color amarillo-naranja característico de la yema (Leeson y Caston, 2004). La inclusión de este insumo puede aportar un valor adicional a los productos avícolas locales, atrayendo a consumidores interesados en opciones de alta calidad con características organolépticas mejoradas.

Diversos estudios han demostrado que suplementar la dieta de gallinas ponedoras con remolacha (*Beta vulgaris*) en polvo aumenta el contenido de luteína en la yema del huevo, mejorando su pigmentación (Sandoval & Antonio, 1966). Esto se explica porque la remolacha es una fuente natural rica en este carotenoide (Fikselová et al., 2008). Además, la aplicación de esta inclusión puede generar efectos positivos en la salud de las aves y de los seres humanos, ya que al aportar nutrientes, antioxidantes y pigmentos carotenoides como la luteína, se favorece la salud productiva e inmunitaria de las aves.

Paralelamente, el consumo de huevos enriquecidos con los carotenoides de la remolacha contribuye a disminuir el riesgo de enfermedades oculares y crónicas en los consumidores. En

este sentido, la estrategia nutricional propuesta aporta elementos de interés para la salud de las aves, los productores y la comunidad (Romero, 2015).

La inclusión de ingredientes naturales en la dieta de las gallinas ponedoras, permite mejorar la calidad nutricional de los huevos, ofreciendo alimentos más saludables a la comunidad y atendiendo a las crecientes demandas del mercado en términos de calidad y sabor. Según Castañeda et al. (2005), la suplementación con fuentes naturales de pigmentos carotenoides como la remolacha (*Beta vulgaris*) mejora el perfil nutricional del producto al incrementar el contenido de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana; estos autores señalan que estos huevos enriquecidos presentan mayor aceptación sensorial por su coloración intensa, en consonancia con las preferencias actuales de los consumidores. En consecuencia, el uso de ingredientes naturales se plantea como una alternativa eficiente para optimizar la calidad integral del producto, desde la salud animal hasta la experiencia del consumidor.

Asimismo, este enfoque destaca la importancia de la sostenibilidad y el bienestar animal, ya que al centrarse en la alimentación de las gallinas ponedoras se fomenta una práctica agrícola más ética y responsable, lo que puede despertar mayor interés en los consumidores conscientes de estos aspectos. Según Buitrago Garzón y Forero Rojas (2016), el uso de dietas naturales y balanceadas en la producción avícola constituye una vía para garantizar el bienestar de las aves, favoreciendo su salud y longevidad. Este enfoque ético y sostenible hacia la cría animal ha sido valorado positivamente por segmentos en crecimiento del mercado, lo que puede generar ventajas competitivas. Por ejemplo, Englmaierová et al. (2014) reportaron que al agregar 2,5% de remolacha en polvo a la dieta de gallinas Isa Brown, la coloración de la yema mejoró significativamente en la escala de Roche después de 28 días de suplementación. De igual

manera, Gajcevic et al. (2009) observaron un incremento del 27% en el contenido de luteína en la yema al incluir un 10% de esta hortaliza.

En el contexto de la producción avícola en el municipio de Sogamoso, el uso de remolacha (*Beta vulgaris*) se plantea como una alternativa viable y económica para favorecer la pigmentación de la yema de huevo, aportando un valor comercial y nutricional de interés para los productores de la región.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura de línea genética Isa Brown, en pro del mejoramiento productivo y de la calidad del huevo en el municipio de Sogamoso Boyacá.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura de la línea genética Isa Brown en base a parámetros productivos de la especie.

Evaluar la calidad de los huevos producidos por gallinas ponedoras de la línea Isa Brown alimentadas con remolacha (*Beta vulgaris*).

Estimar la viabilidad técnica y económica de incorporar remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura de la línea genética Isa Brown, en el municipio de Sogamoso Boyacá.

Marco Teórico

La remolacha (*Beta vulgaris*) o betabel se caracteriza por poseer una raíz grande, profunda y esférica, permitiendo ser llamada tubérculo al crecer bajo tierra, su tallo y hoja logran una altura entre 20 a 200 cm y su raíz tiene un diámetro de 5 a 10 cm con un peso de 80 a 200 gr, perteneciente a la familia de las quenopodiáceas, la misma incluye otras verduras como acelgas y espinacas conformando cerca de 1400 especies clasificadas en miles de géneros, siendo las variedades más importantes la remolacha roja y la forrajera utilizada en alimentación animal. La remolacha común proviene de la especie *Beta marítima* conocida comúnmente como “acelga marina” originaria del norte de África de la cual su cultivo es muy antiguo, datando del siglo II a.C.

Hoy en día, su consumo está extendido en países de clima templado, especialmente en Europa, siendo Francia e Italia los principales productores. La parte comestible de la remolacha es aproximadamente el 82% del producto fresco, siendo una buena fuente de proteínas, fibra, potasio y folatos, baja en calorías, los carbohidratos, principalmente azúcares, son su componente más abundante, es rica en fibra y vitaminas, destacando su contenido en folatos, en cuanto a minerales, es una fuente importante de potasio, esencial para el funcionamiento normal del sistema nervioso y muscular (MAPA, 2008).

En relación con la remolacha (*Beta vulgaris*) en la alimentación animal, su importancia radica tanto en su aporte nutricional como en su contenido de compuestos bioactivos. La coloración de la yema de huevo, por ejemplo, está directamente relacionada con el consumo de carotenoides, compuestos que desempeñan un papel fundamental en su pigmentación, entre los más relevantes presentes en los alimentos se encuentran la luteína y la zeaxantina, ambos clasificados como xantofilas naturales, estos carotenoides proporcionan tonos amarillos y

dorados característicos a la yema de huevo, los cuales están presentes en alimentos pigmentantes naturales como la remolacha, zanahoria, pimentón, caléndula, entre otros. (Sandoval, P. 1966).

Según estudios como el de Sponsored content (2021), los problemas en las explotaciones avícolas y ganaderas son diversos y complejos, generando que el uso de la betaína en las dietas de los animales este aumentado significativamente en respuesta a las demandas de los productores por mejorar el rendimiento en condiciones de estrés térmico. La remolacha ha evolucionado de ser un ingrediente selectivo a un componente esencial en las formulaciones de piensos para aves de corral, cerdos y rumiantes, los beneficios de las funciones fisiológicas de la betaína, principalmente su propiedad osmótica y su capacidad como donante de grupos metilo, explican este aumento en su uso, estos rasgos ayudan a los animales a resistir los efectos negativos del estrés térmico, mejorando así su rendimiento productivo.

Además, el uso de desechos agroindustriales para mejorar la calidad de los productos agrícolas, como el orujo derivado de la industria de la remolacha, es una fuente importante de betalainas, que representa entre el 15% y el 30% de la materia prima. Este subproducto, que generalmente se utiliza para la producción de abono o la alimentación animal, contiene una alta concentración de compuestos antioxidantes. El contenido de fenoles totales de la remolacha, que alcanza los 50-60 $\mu\text{mol/g}$ de peso seco, y la porción coloreada de la remolacha, que oscila entre el 0.4% y el 2.0% de la materia seca, contribuyen a su potente capacidad antioxidante (Tamayo, Cartagena, Londoño, 2011).

Como resultado, el impacto del uso de remolacha en la alimentación de aves comerciales que producen huevos es una fuente rica en vitaminas y pigmentos naturales, y se destaca por su contenido de betaína, un componente esencial para la avicultura. Se ha demostrado que la betaína, un aditivo nutricional que se asemeja a la colina y la metionina tiene un efecto

significativo en el desempeño de los pollos de engorde (Kidd et al., 1997). La betaína mejora el rendimiento de los animales, optimiza la formulación de la dieta y contribuye a la síntesis endógena de metionina y otros compuestos esenciales al actuar como un donante eficaz de grupos metilo, además, los pigmentos naturales de la remolacha pueden incrementar la coloración de las yemas de huevo, lo que mejora la producción de aves comerciales.

Estudios como el de Cabrera (2018) investigan el impacto de la incorporación de tres niveles de harina de remolacha (*Beta vulgaris*) en la pigmentación y el comportamiento productivo de los pollos broiler de Aguaytía. Se utilizaron 120 pollos de la línea Cobb-500 en el experimento, que se llevó a cabo en un galpón y fueron tratados al azar, en donde el análisis descriptivo se utilizó para el análisis organoléptico, por lo tanto, se descubrió que los pollos que recibieron los tres tratamientos no mostraron cambios significativos en su apariencia general, excepto en el brillo de sus plumas, pero en cuanto a color y textura de la carne no se encontraron diferencias.

Por otro lado, Meza et al. (2018) discuten la evaluación de parámetros productivos en aves de postura y el uso de pigmentantes naturales para la coloración de la yema de huevo, se menciona el uso de la harina de remolacha (*Beta vulgaris*) como aditivo en la dieta para la coloración de la yema de huevo y la evaluación de los parámetros productivos. El objetivo del estudio fue evaluar el poder pigmentante de la harina de remolacha (*Beta vulgaris*) en la yema de huevo, así como el impacto en el rendimiento productivo de las gallinas y los componentes del huevo (albúmina, yema, cáscara y un grupo de control para la distribución de alimentos). Según la investigación, la harina de remolacha (*Beta vulgaris*) no funciona como pigmento natural en la yema de los huevos.

En el estudio realizado por Meza (2018), se exploraron dos niveles experimentales de inclusión de remolacha, específicamente del 1% y 2%, con el propósito de evaluar su efecto en la pigmentación de la yema de huevo, los resultados revelaron una pigmentación mínima, con un promedio de 6 en la escala utilizada. A pesar de esta baja pigmentación, no se observaron alteraciones significativas en los parámetros productivos evaluados, asimismo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre el grupo de control (0%) y los dos tratamientos de inclusión del 1% y 2%, con un nivel de significancia establecido en $p < 0.05$.

Finalmente, Meza et al. (2022) discuten los efectos de los pigmentos aislados de remolacha (*Beta vulgaris*) y zapallo (*Cucurbita maxima*) en la producción de botones de cerdo. El objetivo fue evaluar cómo los pigmentos aislados de remolacha (*Beta vulgaris*) y zapallo (*Cucurbita maxima*) afectan las características sensoriales de los botones de cerdo, la técnica se utilizó en un laboratorio de bioquímica para formular el producto cárnico evaluando sus propiedades organolépticas. Se utilizaron carne magra tanto de cerdo como de bovino, así como pigmentos naturales obtenidos mediante el método Soxhlet, se descubrió que el pigmento de remolacha (*Beta vulgaris*) funcionó muy bien y es una buena alternativa para agregar color a los alimentos.

Marco Conceptual

Huevo

Estructura biológica producida por la gallina que contiene los nutrientes necesarios para el desarrollo del embrión. El huevo destinado al consumo humano está constituido por una cáscara con calcio que protege su contenido interno, compuesto principalmente por albúmina (clara), yema y la membrana vitelina.

Yema

La yema es la parte interior del huevo de color amarillo anaranjado rodeada por la clara. Está compuesto principalmente por proteínas, grasas, vitaminas y carotenoides, que le confieren su pigmentación única, la yema aporta nutrientes esenciales para el desarrollo del embrión.

Óvulo

Parte que se desarrolla dentro del ovario para dar lugar a la yema del huevo, para ser capturada por el infundíbulo y formar la primera capa de albúmina. También, contiene todos los nutrientes necesarios para la formación y crecimiento del embrión.

Remolacha

Es una raíz, cuyo nombre científico es *Beta vulgaris*, esta es gruesa, carnosa y jugosa en la parte comestible que se utiliza en la alimentación humana y animal. Contiene niveles elevados de carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como las betalaínas que le otorgan su coloración rojiza.

Pigmentación del huevo

La pigmentación del huevo se refiere al grado de color de la yema y está influenciada por factores como la genética, la dieta y las condiciones de crianza del ave. Los pigmentos más importantes son los carotenoides como la luteína y la zeaxantina.

Alimentación

La alimentación animal consiste en proporcionar a los individuos los nutrientes necesarios para cubrir sus requerimientos nutricionales. Esto se logra creando una dieta equilibrada utilizando una variedad de ingredientes, así como inclusión minerales y vitamínicos.

Nutrición Animal

Es la ciencia que estudia las necesidades nutricionales de los animales y cómo los nutrientes de los alimentos satisfacen esas necesidades para lograr buena salud y productividad óptimas.

Carotenoides

Son pigmentos orgánicos de origen vegetal que se encuentran en frutas, verduras y plantas, su presencia es en color amarillo, naranja y rojo. Los principales carotenoides implicados en la pigmentación del óvulo son la luteína y la zeaxantina.

Xantofilas

Son un grupo de pigmentos carotenoides amarillos formados a partir de luteína, zeaxantina, luteína y sus derivados. Se encuentran en las verduras de hojas verdes y son responsables de hacer que las yemas de los huevos se vuelvan amarillas.

Betaína

Compuesto orgánico que se encuentra en alimentos naturales siendo un aminoácido que se utiliza en la alimentación de las aves para mejorar su rendimiento productivo.

Luteína

Carotenoide que se encarga de la producción del color característico de la yema de huevo que puede ser de amarillo claro hasta naranja intenso.

Zeaxantina

Es un carotenoide importante que se caracteriza por el aporte en la pigmentación de la yema de huevo, al igual que la luteína.

Hortaliza

Plantas cultivadas que se utilizan para la alimentación de animales y seres humanos, ya sean cocidas o crudas.

Abanico Roche

Escala visual estandarizada para medir y clasificar de 1 a 15 según la intensidad de color o de la pigmentación de la yema de huevo.

Dieta

Formulación de alimentos que cumplan con los requerimientos nutricionales de una especie en específico, donde se busca cubrir dichas necesidades y, además, brindarle nutrición a los individuos que la consumen.

Producción avícola

Se desarrolla mediante la crianza de aves de corral como lo son los pollos de engorde y las aves de postura principalmente, con el fin de generar productos alimenticios para consumo humano.

Aves de postura

Aves de corral que son utilizadas en la industria para la producción de huevo como uno de los principales alimentos de origen animal dentro de la dieta del ser humano.

Isa Brown

Línea genética de gallinas de postura más eficaces y resistentes en las producciones avícolas, pues, es adaptable a diferentes climas y tipos de sistemas de producción.

Forraje

Material vegetal verde o seco que se utilizan como alimento para animales herbívoros y omnívoros con el propósito de suplir sus necesidades nutricionales.

Requerimiento nutricional

Nutrientes que necesita el organismo para lograr un equilibrio en el mismo y para poder desarrollar las diferentes actividades del cuerpo como lo son los movimientos, en donde se usa principalmente la energía.

Proteína

Componente que se constituye de cadenas de aminoácidos esenciales para el cuerpo para que este funcione de una forma correcta en todos sus sentidos.

Carbohidratos

Se componen principalmente por moléculas de azúcares junto con proteínas y lípidos, en donde el cuerpo los descompone para convertirlos en glucosa y utilizarlos como fuente de energía junto con otros nutrientes.

Fibra

Nutriente importante que destaca por una de sus principales funciones como es el buen aporte al desarrollo de la digestión, que se encuentra en alimentos de origen vegetal ofrecidos a los especímenes para su alimentación.

Calcio

Es un mineral vital que requiere el organismo para formar y mantener diferentes órganos en funcionamiento adecuado como corazón, intestinos, músculos, entre otros. Asimismo, se encuentra en grandes cantidades en los huesos y dientes de los seres vivos.

Metionina

Es un aminoácido esencial productor de péptidos y proteínas que funciona como componente de proteína en el cuerpo, participando en el desarrollo del sistema digestivo y crecimiento del individuo en general, también, contribuye a la formación de creatina.

Enfermedad

Padecimiento o estado de deterioro en la salud que implica una debilidad en el sistema de defensa natural del organismo donde el animal se ve afectado por la invasión de un agente externo o problemas derivados de diferentes factores como en la alimentación.

Longevidad

Periodo de tiempo desde que inicia la fase reproductiva del animal hasta la producción de un nuevo ser vivo (cría) hasta llegar al sacrificio o muerte del mismo.

Viabilidad económica

La dependencia de alimentos balanceados en las gallinas ponedoras puede estar relacionado con la falta de recursos económicos de los productores, lo que limita la inclusión de ingredientes naturales en la alimentación de las aves.

Calidad del huevo

La calidad de los huevos no solo se evalúa por su apariencia, como la pigmentación de la yema, sino también por factores como el contenido nutricional, la frescura y la integridad de la cáscara, todos los cuales pueden estar influenciado directamente por la dieta de las gallinas.

Índice morfológico

Relación numérica entre las dimensiones del huevo (largo y ancho) que permite determinar su forma, también para determinar calidad comercial y comprender aspectos biológicos del producto.

Marco Geográfico

El proyecto aplicado Efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura de línea genética Isa Brown, se llevó a cabo en el municipio de Sogamoso en Boyacá; municipio perteneciente a la provincia de Sugamuxi, con una extensión de 2456 km², conformado por doce municipios más, Firavitoba, Pesca, Iza, Cuitiva, Aquitania, Tota, Gámeza, Monguí, Tópaga, Mongua, Tibasosa y Nobsa (Gobernación de Boyacá, 2020, p. 31 citado por Vergara, 2024). El clima de la zona se caracteriza por una temperatura media anual entre 2 a 20°C, con precipitaciones que oscilan entre 500 y 1000 mm y entre 150 a 200 días de lluvia al año (IDEAM, 2017, p. 227).

De acuerdo con Alcaldía de Sogamoso (2018), en el apartado de Ecología, la ciudad de Sogamoso, ubicada dentro del departamento de Boyacá, se encuentra en una altura de 2.569 m.s.n.m. aproximadamente, más conocida como la “Ciudad del Sol”, presenta una diversidad de paisajes contrastantes entre montaña y valle, con presencia de dos pisos térmicos frío y muy frío (páramo). Asimismo, cuenta con provincias de humedad diferenciadas por altitud, lo que favorece la diversidad de cultivos y actividades productivas. Sin embargo, algunas zonas presentan procesos avanzados de erosión asociados a la explotación minera y la fabricación de materiales de construcción, moderada en ciertas áreas agrícolas e inexistente en la planicie fluvio-lacustre del valle de Sogamoso.

Ahora bien, con base a Alcaldía de Sogamoso (2018), en el informe sobre Economía, el territorio ocupa un lugar estratégico dentro de la región, ya que su ubicación geográfica lo ha consolidado como centro comercial y de prestación de servicios para municipios aledaños de la provincia de Sugamuxi, como al departamento de Boyacá en orden a series de proyectos

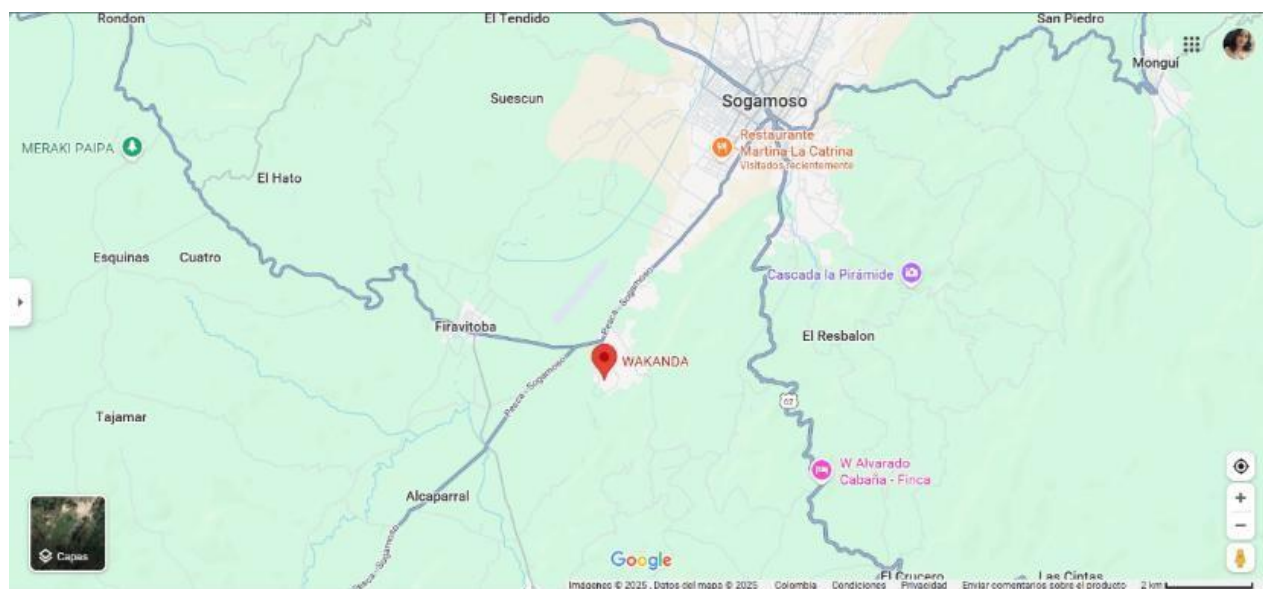
estratégico y el Casanare, con el cual mantiene estrechos vínculos económicos, sociales y culturales.

La economía del municipio se soporta en actividades industriales, mineras, comerciales y de servicios comunitarios. En cuanto a vías de comunicación, Sogamoso cuenta con el aeropuerto Alberto Lleras Camargo, inaugurado en 1946, considerado un símbolo de civismo local y punto de conexión aérea con Casanare y los Santanderes. En el transporte terrestre, el municipio dispone de una red vial subregional que comunica a Sogamoso con municipios circundantes como Firavitoba, Iza, Pesca, Cuitiva, Aquitania Tota, Nobsa, Monguí, Mongua, entre otros, consolidando su papel como eje articulador del transporte interregional (Alcaldía de Sogamoso, 2019).

En resumen, la provincia de Sugamuxi se destaca por actividades económicas como ganadería, agricultura, minería, artesanía y la industria. El Lago de Tota, ubicado en la región, constituye un espacio estratégico tanto ambiental como turístico. No obstante, persisten desigualdades en indicadores sociales como pobreza multidimensional, analfabetismo y acceso a servicios básicos, siendo Mongua y Tota los municipios con mayores rezagos en contraste con Sogamoso y Nobsa, que presentan mejores condiciones (Gobernación de Boyacá, 2020, p. 31).

Figura 1

Ubicación del sistema productivo



Nota. La figura ilustra la localización geográfica del área de estudio en el municipio de Sogamoso, Boyacá, donde se desarrolló la fase experimental de la investigación. Tomado de Google Maps 2025, ajustado por los autores.

Metodología

Propuesta metodológica

La propuesta metodológica consistió en la adición de remolacha (*Beta vulgaris*) como inclusión en la dieta de gallinas ponedoras de la línea Isa Brown, con el objetivo de evaluar su efecto sobre la pigmentación de la yema. El vegetal se suministró crudo y rallado, aprovechando la presencia de betalaínas y carotenoides (zeaxantina y luteína), compuestos responsables de intensificar la coloración.

Las gallinas fueron adquiridas con 16 semanas de vida, lo que facilitó su adaptación al nuevo ambiente antes del inicio de la postura. Se alojaron en un galpón de 3 m², dividido en tres secciones de 1m² cada una, construidas con malla, madera y techo de zinc. Cada sección dispuso de dos nidos, un bebedero y un comedero, y fue ocupada por cinco aves. En cuanto al piso, el grupo T0 y T1 permanecieron sobre madera, ya que se ubicaron en niveles superiores, mientras que los tratamientos T2, T3 y T4 estuvieron en piso de tierra, acondicionado con viruta sobre una base tratada con cal.

El galpón se orientó en sentido norte-sur, garantizando ventilación durante el día y protección con polisombra en la noche permitiendo tener mayor control sobre factores externos como las condiciones climáticas. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el período de adaptación de las aves, considerando la dificultad para controlar algunos factores externos, como la presencia de ruidos, la cercanía de otras especies (bovinos, ovinos, equinos, caninos y felinos) y el tránsito vehicular en las inmediaciones, los cuales podrían inferir en el comportamiento y bienestar de los animales.

El manejo sanitario incluyó desinfección de comederos, bebederos, nidos y cama con yodo, cloración en bajas dosis del agua y almacenamiento del alimento balanceado en un lugar

fresco, sin exposición a humedad ni luz directa. Se llevaron a cabo observaciones sobre los aspectos físicos de las aves para evaluar su estado de salud, con la finalidad de identificar a tiempo signos clínicos de enfermedades que pudieran afectar todo el lote.

El análisis tuvo como propósito evaluar las características externas e internas de los huevos producidos, iniciando en la semana 25 de vida de las gallinas, con el fin de estandarizar el proceso productivo en cuanto a cantidad y tamaño del huevo, ya que para este momento la mayoría de las aves habían iniciado la postura. Cabe señalar que el periodo de acostumbramiento a la dieta comenzó desde la llegada de los animales, de manera que, al iniciar los análisis, las aves ya estuvieran completamente adaptadas al ambiente y a la alimentación y un porcentaje de postura superior al 95%.

Los huevos se recolectaron dos veces al día, se almacenaron en cubetas identificadas según el tratamiento y se analizaron semanalmente durante el periodo experimental. Este manejo permitió estandarizar las condiciones de evaluación y garantizar la trazabilidad de los datos. La evaluación de las variables externas se realizó sobre el 100 % de los huevos producidos, mientras que las variables internas se analizaron en una muestra equivalente al 25 %, seleccionada de manera completamente aleatoria.

Tipo de investigación

La investigación se abordó desde un enfoque mixto, en el cual se recopilaron, analizaron e integraron datos tanto cuantitativos como cualitativos. Entre las variables evaluadas se incluyó la cantidad de huevos, considerando la frecuencia y el porcentaje de postura, el peso promedio, el color del huevo y el índice morfológico. Asimismo, se analizaron características internas como el color, la forma, la altura y el olor de la yema, junto con la presencia de manchas de sangre. Adicionalmente, se mantuvo una observación directa frente al consumo de alimento, analizando

preferencias, al igual que posibles efectos adversos como diarreas, indicadores generales de salud, además del estado anímico y peso de las aves durante el periodo de estudio.

El tipo de investigación fue exploratorio – descriptivo, dado que permitió indagar y describir sobre los efectos de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) como suplemento no convencional en la dieta de gallinas de línea Isa Brown, buscando establecer una base de datos propia sobre su efectividad. Asimismo, se enfocó en describir el comportamiento de los parámetros productivos y la calidad del huevo bajo las condiciones ambientales y de manejo específicas de este estudio.

Población objeto de estudio

Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron aves de la línea Isa Brown, con un total de 20 animales divididos en cuatro grupos de 5 gallinas. Cada tratamiento recibió alimento balanceado comercial con diferentes niveles de inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) asegurando que la proporción del tubérculo no superara el 10 % del total de la dieta. La distribución se estableció de la siguiente manera:

T0: alimento concentrado

T1: Concentrado + 2% de remolacha

T2: Concentrado + 4% de remolacha

T3: Concentrado + 6% de remolacha

Fuentes de información

Las fuentes primarias se obtuvieron mediante registros técnicos de producción y protocolos de calidad interna, los cuales permitieron el monitoreo sistemático de las variables de estudio. Entre ellos se incluyeron registros diarios de producción (cantidad de huevos, peso y porcentaje de postura), fichas de observación directa in situ para identificar comportamientos,

consumo de alimento y posibles efectos adversos, así como evaluaciones de las características macro y organolépticas de los huevos. Adicionalmente, se emplearon registros fotográficos como evidencia visual del color de la yema y del estado general de las aves, complementando la información cuantitativa con descripciones cualitativas que aportaron una visión más integral.

En cuanto a las fuentes secundarias, se utilizaron investigaciones previas sobre el uso de pigmentos naturales en la alimentación avícola, artículos científicos indexados consultados en bases de datos como ScienceDirect, Dialnet y la Revista Agronomía Mesoamericana, así como literatura especializada en nutrición animal. Asimismo, se consultó información técnica y estadística en portales institucionales de entidades como FENAVI, la Bolsa Mercantil de Colombia, el ICA y manuales de manejo de Hy-Line e ISA Brown. También se incluyó información de repositorios académicos de universidades como la Universidad de Cundinamarca, la Universidad Nacional Agraria y la Universidad de Murcia. Estas fuentes permitieron contextualizar el estudio y respaldar la pertinencia de la remolacha (*Beta vulgaris*) como inclusión en alimentación de gallinas ponedoras.

Fases del proceso investigativo

El proyecto se desarrolló en un periodo de cinco meses (agosto – diciembre 2024) y se estructuró en tres fases principales que permitieron planear, ejecutar y evaluar cada una de las actividades relacionadas con la suplementación de remolacha en gallinas Isa Brown.

Primera Fase: Implementación (semana 1 a 9 / 21 agosto – 22 octubre)

Durante esta etapa inicial se llevó a cabo la adecuación del galpón, con el fin de garantizar un ambiente óptimo para el alojamiento de las aves. Posteriormente, se adquirieron las gallinas con 16 semanas de vida, lo que facilitó su proceso de adaptación al nuevo entorno. Dentro de esta fase también se introdujo progresivamente la suplementación con remolacha

(*Beta vulgaris*) en la dieta, lo cual permitió observar la aceptación del alimento y la respuesta inicial de las aves.

Segunda Fase: Seguimiento (semana 9 a 16 / 23 octubre – 11 diciembre)

Una vez establecidas las condiciones de manejo, se dio inicio al seguimiento sistemático de las variables del estudio. Para ello se diseñaron registros específicos en los que se consignaron datos sobre consumo y producción de huevos. Además, se documentó, mediante anotaciones directas y apoyo fotográfico, el comportamiento de los grupos experimentales frente a la inclusión de remolacha en la dieta. Esta fase permitió reunir información primaria y confiable, fundamental para el análisis posterior.

Tercera Fase: Análisis de Resultados (diciembre 2024)

Finalmente, se efectuó la sistematización de la información recolectada durante el seguimiento, transformando los datos en tablas y gráficas para facilitar su interpretación. Para ello, se utilizó el programa Microsoft Excel, el cual permitió recopilar los datos numéricos, organizarlos, interpretarlos y generar las respectivas gráficas. Asimismo, se empleó Microsoft Word para la transcripción y presentación escrita de la información obtenida. Con ello fue posible analizar comparativamente el efecto de los diferentes niveles de adición de remolacha (*Beta Vulgaris*) sobre la producción y calidad de los huevos.

Efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura de línea genética Isa Brown, en el municipio de Sogamoso Boyacá

Gallinas Ponedoras Isa Brown

El desarrollo de la línea genética Isa Brown se atribuye a 1975, cuando el Ministerio de Agricultura de Francia planteó la necesidad de fortalecer la competitividad internacional del sector avícola, donde se llevó a cabo un estudio independiente que determinó que la excelencia, la innovación y la investigación debían ser constituidos en pilares estratégicos. Esta visión dio origen al Institut de Sélection Animale (ISA), producto de la unión de las reservas avícolas de Studler SA y de INRA Magneraud (INRA-M), cabe resaltar que el nombre oficial del ave de postura, lleva las siglas en inglés del instituto anteriormente mencionado, además la Isa Brown es el resultado del cruzamiento de las dos razas puras Rhode Island Red y Rhode Island White. Desde sus inicios, la orientación hacia la investigación científica y la mejora genética permitió consolidar la calidad productiva del ISA Brown, que en la década de 1980 ya se posicionaba como líder global en la producción de huevos marrones, lugar que ha conservado hasta la actualidad (Hendrix Genetics, 2025).

Actualmente, la Isa Brown es reconocida a nivel mundial por su sobresaliente eficiencia en conversión alimenticia, característica que le otorga una alta rentabilidad y confiabilidad. Su capacidad de adaptación a distintos climas y sistemas de alojamiento, junto con una persistencia destacada en postura, la convierten en una alternativa versátil para sistemas avícolas modernos. El tamaño uniforme de los huevos, la resistencia de la cáscara y la prolongada duración de los ciclos de postura consolidan a esta línea genética como una de las más consistentes en el mercado (Hendrix Genetics, 2025).

Durante más de cuatro décadas, esta ave de postura ha sido evaluada en diversos contextos productivos, demostrando un rendimiento sobresaliente y estable. Extensos ensayos de campo confirman su capacidad para alcanzar hasta 500 huevos de excelente calidad por ave, con una notable viabilidad y persistencia en la postura. Estos resultados, junto con su excepcional tasa de conversión alimenticia, han permitido que la Isa Brown sea reconocida como la gallina ponedora marrón más eficiente y confiable a nivel mundial (ISA, 2025).

Los parámetros zootécnicos obtenidos en sistemas de alojamiento en jaula evidencian un ciclo productivo comprendido entre las semanas de postura 18 y 100. En este periodo, las aves alcanzan un 96,5% en el pico de producción, con un promedio de 470 huevos por gallina alojada y un peso promedio de 63g por unidad. El consumo diario de alimento es cercano a 112g, lo que representa un índice de conversión acumulado de 2,15 kg de alimento por kilogramo de huevo producido, asimismo, el peso corporal promedio de las gallinas se sitúa en 1.975g.

Por otra parte, la Isa Brown también ha mostrado un excelente comportamiento en sistemas alternativos, en los cuales mantiene una producción elevada y una alta eficiencia alimenticia. La experiencia de 35 años de resultados comprobados mundialmente, ha consolidado su posición como una opción confiable en diferentes estilos de manejo avícola. En este tipo de alojamiento, las aves alcanzan hasta 460 huevos por gallina alojada, con un peso promedio de 63g por unidad y una persistencia notable en la postura (ISA, 2025). En sistemas alternativos, los parámetros técnicos muestran que, entre las 18 y 100 semanas de postura, la habitabilidad se mantiene en un 92% y el pico de producción alcanza el 96%. La edad al 50% de postura es de 150 días y el consumo promedio de alimento se sitúa en 121g/día, con un índice de conversión acumulado de 2,37kg/kilo de huevo. Estos valores, junto con un peso corporal promedio de 1.975g, confirman la calidad y el desempeño constante de esta línea genética en

diversas condiciones. El análisis comparativo de la producción a lo largo del ciclo permite observar que la viabilidad se ubica en 94% a las 80 semanas, disminuyendo levemente a 93% hacia las semanas 90 y 100. En este mismo intervalo, el peso promedio del huevo incrementa progresivamente desde 62,6 gr hasta 63 gr.

En cuanto al número de huevos por gallina alojada, este pasa de 374 (semana 80) a 470 (semana 100), con una masa de huevo producida que asciende de 23,4 kg a 29,6 kg. El consumo de alimento se mantiene estable entre 112 y 114 gr diarios, con un índice de conversión que oscila entre 2,08 y 2,15. Estos resultados evidencian la eficiencia productiva de la Isa Brown durante ciclos prolongados y la calidad constante de sus huevos (ISA, 2011)

Plan de Alimentación

Para el plan de alimentación durante el proceso experimental, se suministraron 100 gr de concentrado comercial por ave/día (equivalentes a 500 gr por tratamiento), formulado para cubrir los requerimientos nutricionales de gallinas ponedoras en etapa de producción. La cantidad se definió con base en guías técnicas de líneas comerciales, las cuales reportan un consumo promedio variable según el sistema de alojamiento. La casa genética comercial Hy-Line (2024), señala que las aves tipo Brown consumen en promedio 110,7gr/ave/día en sistemas convencionales y 117,9 gr/ave/día en sistemas alternativos entre las 18 y 90 semanas de edad. De manera similar, ISA Brown (2025) reporta un consumo medio de 112gr/ave/día en jaula y hasta 121gr/ave/día en sistemas alternativos durante el periodo de postura de 18 a 100 semanas.

En el presente estudio se adoptó un valor equivalente de 100 gr/ave/día correspondiente al límite inferior de los rangos recomendados para ponedoras comerciales tipo café. Esta elección se sustentó en la observación directa de una adecuada ingesta y la reducción del desperdicio de alimento en los comederos. Asimismo, dicha cantidad permitió controlar de manera estricta el

consumo real, evitar una sobreoferta energética y mantener condiciones experimentales estables durante la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en las dietas. Las aves se distribuyeron en cuatro grupos experimentales (T0, T1, T2 y T3), con cinco aves en cada uno.

Los tratamientos consistieron en un grupo control (sin inclusión de remolacha) y tres grupos con niveles crecientes de inclusión (2 %, 4 % y 6 %). La ración se ofreció una vez al día, en horas de la mañana, con acceso permanente a agua fresca y limpia. La asignación fue la siguiente:

T0 (Testigo): 100g de concentrado/ave

T1: 100g de concentrado/ave + 2g de remolacha/ave (*Beta vulgaris*)

T2: 100g de concentrado/ave + 4g de remolacha/ave (*Beta vulgaris*)

T3: 100g de concentrado/ave + 6g de remolacha/ave (*Beta vulgaris*)

La remolacha se suministró fresca y rallada para facilitar su consumo, mezclada directamente con el concentrado. Para garantizar exactitud en las proporciones, se utilizó una balanza gramera en cada tratamiento; cabe resaltar, que la remolacha se ofreció como adición al concentrado, sin sustituir ningún componente de este.

Manejo Sanitario

El manejo sanitario se implementó de manera continua desde la llegada de las gallinas a las 16 semanas de vida y se mantuvo durante todo el periodo experimental, comprendido entre la semana 25 y la 32. Estas medidas preventivas se enfocaron en garantizar el bienestar, la salud y el rendimiento productivo de las aves en cada uno de los tratamientos experimentales (T0, T1, T2 y T3). Las principales prácticas sanitarias fueron:

Desinfección de instalaciones: se efectuó limpieza y desinfección semanal de bebederos y comederos con cloro disuelto en agua. Los corrales se higienizaron con yodo, con el propósito de

evitar la proliferación de patógenos, manteniendo el área de manejo seca y con adecuada ventilación.

Control de ectoparásitos: ante la presencia de ácaro rojo (*Dermanyssus gallinae*), incidencia asociada a la proximidad de aves externas al área experimental y ala porosidad de las estructuras de madera de los corrales que facilitaron la proliferación del parásito, se utilizó un producto polivalente con principio activo de metrifonato al 97 %, el cual redujo significativamente la cantidad de parásitos que afectaban el bienestar general de las aves. La fumigación se realizó en horas de la noche, considerando que el ácaro rojo presenta mayor actividad en la oscuridad.

Observación diaria del estado de salud: se efectuó una revisión diaria del estado físico de cada ave, evaluando comportamiento, consumo de alimento y agua, plumaje, coloración de cresta y producción de huevos. De esta manera, se detectaron cambios en el comportamiento de una de las aves del tratamiento T3, que presentó síntomas como inapetencia, decaimiento, diarrea, congestión respiratoria, mucosas pálidas, pérdida de peso y posible anemia. Dada la aparición súbita de los síntomas clínicos durante un periodo de restricción en el acceso a centros de suministro de fármacos veterinarios y por distancia, se procedió con una intervención inmediata en base a fitoterapia (ajo y limón) para intentar estabilizar al ave. Sin embargo, el procedimiento no fue efectivo y, ante la falta de medicamentos específicos, falleció al día siguiente. En la necropsia se evidenció que el hígado presentaba úlceras visibles y estaba completamente desleído, lo que sugiere un daño hepático severo como posible causa de muerte. Por otra parte, los casos de diarrea fueron poco frecuentes y no afectaron de manera significativa el desempeño productivo, lo que sugiere que correspondieron a respuestas fisiológicas de

adaptación al consumo de la fibra y pigmentos del vegetal más que a efectos adversos permanentes.

Vitaminización: se administraron vitaminas en el agua de bebida para fortalecer el sistema inmunológico de las aves y reducir el riesgo de pérdidas similares a la registrada en el tratamiento T3.

Porcentaje de mortalidad

En el marco del desarrollo del presente proyecto aplicado se implementaron medidas sanitarias para la prevención de enfermedades y el control de agentes patógenos, en la evaluación del efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de gallinas ponedoras línea genética Isa Brown, realizada en el municipio de Sogamoso (Boyacá), se registró la mortalidad de un ejemplar, correspondiente al grupo 4. El estudio estuvo conformado por 20 aves, distribuidas en cuatro grupos de cinco individuos cada uno. Para determinar el porcentaje de mortalidad durante el ensayo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Mortalidad (\%) = \frac{\text{Número de animales muertos}}{\text{Total de animales en producción}} \times 100$$

$$Mortalidad (\%) = \frac{1}{20} \times 100 = 5\%$$

El cálculo del porcentaje de mortalidad arrojó un resultado del 5 %, valor que, si bien se mantiene dentro de rangos aceptables para ensayos experimentales de pequeña escala, permitió focalizar la revisión de las condiciones sanitarias, ambientales y de manejo en dicho grupo específico. Este análisis facilitó la identificación oportuna de posibles factores asociados como estrés, variaciones en el consumo de alimento, condiciones de alojamiento o adaptación a la dieta experimental con el fin de implementar acciones correctivas y prevenir futuras pérdidas durante el desarrollo del estudio.

Consumo de Alimento

Partiendo como base, el concentrado comercial como principal fuente de alimentación de las gallinas y la adición de remolacha (*Beta Vulgaris*) en proporciones de 2, 4 y 6% respectivamente se evidenció una adecuada aceptación de la dieta, observándose una marcada preferencia por la inclusión del tubérculo.

El periodo de adaptación tuvo una duración de ocho semanas, iniciando el 28 de agosto de 2024 -una semana después del ingreso de las aves para permitir su aclimatación ambiental- y extendiéndose hasta el 23 de octubre de 2024. Este lapso prolongado se estableció para garantizar la transición enzimática y digestiva al nuevo ingrediente, así como para asegurar la madurez fisiológica de las aves y la estabilización de la postura. De este modo, al iniciar la recolección formal de datos para los análisis de calidad interna y externa, se aseguró que las betalainas de la remolacha alcanzaran un equilibrio metabólico, evitando variaciones por estrés de traslado o fluctuaciones iniciales en el consumo.

El estado general de las aves se mantuvo favorable, lo cual se evidenció en el brillo del plumaje y en su nivel de actividad. En términos generales, permanecieron tranquilas, activas y sin manifestar conductas anormales, a excepción de un ave que falleció. Estos aspectos son considerados indicadores indirectos de bienestar y de adecuado estado nutricional.

En conjunto, los datos obtenidos durante el periodo experimental muestran una adecuada aceptación de la remolacha (*Beta vulgaris*) en los tratamientos evaluados. Las aves mantuvieron condiciones generales estables a lo largo del estudio, lo que permitió completar el seguimiento programado entre la semana 16 y la semana 32.

Por otra parte, en las siguientes tablas se presenta el seguimiento del consumo semanal de alimento (concentrado y remolacha) en los cuatro tratamientos. Cada tabla detalla el número de

aves, el peso promedio alcanzado por semana, el consumo semanal de concentrado por grupo, su acumulado y la cantidad de remolacha suministrada de acuerdo con el porcentaje definido en cada tratamiento (testigo, 2 %, 4 % y 6 %, respectivamente).

Esta información facilita el análisis de las variaciones en la ingesta de alimento y su relación con el incremento del peso corporal a lo largo del periodo experimental. El registro se realizó de manera continua desde la semana 16 hasta la semana 32, abarcando la totalidad del experimento.

Tabla 1

Consumo de Alimentación T0

| Semana | No. Aves | Peso promedio (gr) | Concentrado (gr) | |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| | | | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo |
| 16 | 5 | 1500 | 2625 | 2625 |
| 17 | 5 | 1550 | 2800 | 5425 |
| 18 | 5 | 1600 | 2975 | 8400 |
| 19 | 5 | 1625 | 3325 | 11725 |
| 20 | 5 | 1650 | 3500 | 15225 |
| 21 | 5 | 1655 | 3500 | 18725 |
| 22 | 5 | 1700 | 3500 | 22225 |
| 23 | 5 | 1720 | 3500 | 25725 |
| 24 | 5 | 1740 | 3500 | 29225 |
| 25 | 5 | 1760 | 3500 | 32725 |
| 26 | 5 | 1780 | 3500 | 36225 |
| 27 | 5 | 1800 | 3500 | 39725 |
| 28 | 5 | 1820 | 3500 | 43225 |
| 29 | 5 | 1840 | 3500 | 46725 |
| 30 | 5 | 1860 | 3500 | 50225 |
| 31 | 5 | 1880 | 3500 | 53725 |
| 32 | 5 | 1900 | 3500 | 57225 |
| | | Total | | 57225 |

Nota. La tabla detalla los parámetros de consumo de alimento balanceado y peso promedio para el grupo testigo (T0) durante el ciclo de vida de la semana 16 a la 32.

Tabla 2*Consumo de Alimentación T1 Suplementadas con el 2% de Remolacha*

| Semana | No. Aves | Peso promedio (gr) | Concentrado (gr) | | Remolacha (gr) | |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo |
| 16 | 5 | 1480 | 2625 | 2625 | 52,5 | 52,5 |
| 17 | 5 | 1510 | 2800 | 5425 | 56,0 | 108,5 |
| 18 | 5 | 1540 | 2975 | 8400 | 59,5 | 168,0 |
| 19 | 5 | 1570 | 3325 | 11725 | 66,5 | 234,5 |
| 20 | 5 | 1595 | 3500 | 15225 | 70,0 | 304,5 |
| 21 | 5 | 1650 | 3500 | 18725 | 70,0 | 374,5 |
| 22 | 5 | 1700 | 3500 | 22225 | 70,0 | 444,5 |
| 23 | 5 | 1720 | 3500 | 25725 | 70,0 | 514,5 |
| 24 | 5 | 1735 | 3500 | 29225 | 70,0 | 584,5 |
| 25 | 5 | 1750 | 3500 | 32725 | 70,0 | 654,5 |
| 26 | 5 | 1765 | 3500 | 36225 | 70,0 | 724,5 |
| 27 | 5 | 1780 | 3500 | 39725 | 70,0 | 794,5 |
| 28 | 5 | 1795 | 3500 | 43225 | 70,0 | 864,5 |
| 29 | 5 | 1810 | 3500 | 46725 | 70,0 | 934,5 |
| 30 | 5 | 1825 | 3500 | 50225 | 70,0 | 1004,5 |
| 31 | 5 | 1840 | 3500 | 53725 | 70,0 | 1074,5 |
| 32 | 5 | 1850 | 3500 | 57225 | 70,0 | 1144,5 |
| | | Total | | 57225 | | 1144,5 |

Nota. La tabla evidencia el consumo de dieta suplementada con 2% de remolacha (*Beta vulgaris*)

y peso promedio alcanzado por el tratamiento T1 durante las semanas de experimentación.

Tabla 3*Consumo de Alimentación T2 Suplementadas con el 4% de Remolacha*

| Semana | No. Aves | Peso promedio (gr) | Concentrado (gr) | | Remolacha (gr) | |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo |
| 16 | 5 | 1520 | 2625 | 2625 | 105 | 105 |
| 17 | 5 | 1551 | 2800 | 5425 | 112 | 217 |
| 18 | 5 | 1580 | 2975 | 8400 | 119 | 336 |
| 19 | 5 | 1600 | 3325 | 11725 | 133 | 469 |
| 20 | 5 | 1620 | 3500 | 15225 | 140 | 609 |
| 21 | 5 | 1676 | 3500 | 18725 | 140 | 749 |
| 22 | 5 | 1750 | 3500 | 22225 | 140 | 889 |
| 23 | 5 | 1780 | 3500 | 25725 | 140 | 1029 |
| 24 | 5 | 1805 | 3500 | 29225 | 140 | 1169 |
| 25 | 5 | 1825 | 3500 | 32725 | 140 | 1309 |
| 26 | 5 | 1845 | 3500 | 36225 | 140 | 1449 |
| 27 | 5 | 1865 | 3500 | 39725 | 140 | 1589 |
| 28 | 5 | 1885 | 3500 | 43225 | 140 | 1729 |
| 29 | 5 | 1905 | 3500 | 46725 | 140 | 1869 |
| 30 | 5 | 1920 | 3500 | 50225 | 140 | 2009 |
| 31 | 5 | 1935 | 3500 | 53725 | 140 | 2149 |
| 32 | 5 | 1950 | 3500 | 57225 | 140 | 2289 |
| | | Total | | 57225 | | 2289 |

Nota. La tabla representa el consumo semanal y acumulado de alimento concentrado y

remolacha al 4% en el tratamiento T2, incluyendo la evolución del peso corporal.

Tabla 4*Consumo de Alimentación T3 Suplementadas con el 6% de Remolacha*

| Semana | No. Aves | Peso promedio (gr) | Concentrado (gr) | | Remolacha (gr) | |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo | Consumo grupo/semana | Consumo acumulado/grupo |
| 16 | 5 | 1640 | 2625 | 2625 | 157,5 | 157,5 |
| 17 | 5 | 1675 | 2800 | 5425 | 168,0 | 325,5 |
| 18 | 5 | 1712 | 2975 | 8400 | 178,5 | 504,0 |
| 19 | 5 | 1748 | 3325 | 11725 | 199,5 | 703,5 |
| 20 | 5 | 1785 | 3500 | 15225 | 210,0 | 913,5 |
| 21 | 5 | 1820 | 3500 | 18725 | 210,0 | 1123,5 |
| 22 | 5 | 1850 | 3500 | 22225 | 210,0 | 1333,5 |
| 23 | 5 | 1878 | 3500 | 25725 | 210,0 | 1543,5 |
| 24 | 5 | 1905 | 3500 | 29225 | 210,0 | 1753,5 |
| 25 | 4 | 1925 | 2800 | 32025 | 168,0 | 1921,5 |
| 26 | 4 | 1935 | 2800 | 34825 | 168,0 | 2089,5 |
| 27 | 4 | 1946 | 2800 | 37625 | 168,0 | 2257,5 |
| 28 | 4 | 1958 | 2800 | 40425 | 168,0 | 2425,5 |
| 29 | 4 | 1964 | 2800 | 43225 | 168,0 | 2593,5 |
| 30 | 4 | 1977 | 2800 | 46025 | 168,0 | 2761,5 |
| 31 | 4 | 1980 | 2800 | 48825 | 168,0 | 2929,5 |
| 32 | 4 | 1996 | 2800 | 51625 | 168,0 | 3097,5 |
| | | Total | | 51625 | | 3097,5 |

Nota. La tabla muestra el registro de ingesta alimenticia con inclusión del 6% de remolacha. Los promedios consideran la reducción de la población a 4 aves a partir de la semana 25.

El análisis del consumo de alimento en los cuatro tratamientos (T0, T1, T2 y T3) evidenció un comportamiento homogéneo en relación con el suministro de concentrado, puesto que la dieta base fue la misma en todos los grupos y se ajustó progresivamente según la edad de las aves. Las diferencias se observaron a nivel de suplementación con remolacha (*Beta vulgaris*) y en la presencia de una anomalía en uno de los tratamientos.

En términos generales, el consumo de concentrado se mantuvo homogéneo entre los tratamientos T0, T1 y T2, lo que indica que la inclusión de remolacha en niveles del 2% y 4% no generó variaciones en la ingesta del alimento base ni afectó el comportamiento alimenticio de las

aves. En el tratamiento T3 (6% de inclusión), la ligera reducción observada en el consumo total estuvo asociada exclusivamente a la disminución del número de aves a partir de la semana 20, y no a un efecto negativo de inclusión sobre la aceptación del concentrado. De este modo, se confirma que el consumo de concentrado fue comparable entre los grupos experimentales, mientras que el consumo de remolacha aumentó de manera proporcional al porcentaje de inclusión en la dieta, evidenciando una adecuada aceptación por parte de las aves.

En relación con el peso corporal, al inicio del ensayo (16 semanas) se registraron valores entre 1,00 y 1,15 kg, mientras que a la semana 18 oscilaron entre 1,06 y 1,25 kg. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos esperados para la línea Isa Brown en etapas productivas tempranas, lo que indica que la inclusión de remolacha no afectó negativamente la ganancia de peso ni la condición corporal. De manera general, los tratamientos T0, T1 y T2 mantuvieron consumos de concentrado equitativos y sin anomalías poblacionales, mientras que en el T3 se evidenció una disminución asociada a la pérdida de un ave. En relación con la inclusión del tubérculo, se confirmó que el consumo de remolacha (*Beta vulgaris*) aumentó progresivamente según el porcentaje de inclusión (0%, 2%, 4% y 6%), con una adecuada aceptación por parte de las aves en todos los tratamientos.

Producción y Peso Promedio del Huevo

La producción de huevos mostró un comportamiento estable a lo largo del periodo de evaluación. Las aves mantuvieron un ritmo de postura constante, con variaciones leves entre semanas que reflejan la dinámica normal del ciclo productivo. En términos generales, se determinó que las aves mantuvieron niveles de producción óptimos, con periodos de máximo rendimiento donde la tasa de postura se aproximó al potencial productivo previsto, mientras que en intervalos específicos se registraron fluctuaciones que no alteraron significativamente la media general del ciclo evaluado. El peso de los huevos se mantuvo uniforme y dentro de los parámetros comerciales, lo que indica una buena calidad del producto. El estudio inició en la semana 25, momento en el que las aves comenzaron a producir huevos de mayor tamaño y todas completaron el proceso de maduración productiva. Para este inicio de la evaluación, se reportó un peso promedio de 56,30 gr para T0, 60,31 gr para T1, 58,41 gr para T2 y 56,65 gr para T3. A partir de esta etapa se realizó la recolección y selección de los huevos, dando paso a la evaluación de los mismos.

Las tablas de la 5 a 8 permiten visualizar el seguimiento semanal del comportamiento productivo de las gallinas ponedoras en cada uno de los tratamientos experimentales (T0, T1, T2 y T3). En estas se relaciona la cantidad de huevos producidos, el peso promedio, el porcentaje de postura y el consumo de alimento registrado en cada grupo; permitiendo analizar de manera comparativa la eficiencia productiva y la respuesta de las aves frente a las dietas suministradas.

Tabla 5*Producción de Huevos T0*

| Semana | No. De gallinas | Total huevos | Huevos promedio/día | Peso total huevos | Peso promedio | % de postura |
|--------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 25 | 5 | 33 | 4,71 | 1858 | 56,60 | 94,29 |
| 26 | 5 | 30 | 4,29 | 1724 | 57,47 | 85,71 |
| 27 | 5 | 32 | 4,57 | 1830 | 57,19 | 91,43 |
| 28 | 5 | 34 | 4,86 | 1929 | 56,74 | 97,14 |
| 29 | 5 | 32 | 4,57 | 1893 | 59,16 | 91,43 |
| 30 | 5 | 35 | 5,00 | 2092 | 59,77 | 100 |
| 31 | 5 | 31 | 4,43 | 1823 | 58,81 | 88,57 |
| 32 | 5 | 33 | 4,71 | 1972 | 59,76 | 94,29 |
| | | | | | Promedio general | 92,86 |

Nota. La tabla relaciona los indicadores de productividad del grupo control (T0), detallando el peso promedio del huevo y el porcentaje de postura por semana experimental.

Tabla 6*Producción de Huevos T1*

| Semana | No. de gallinas | Total huevos | Huevos promedio/día | Peso total huevos | Peso promedio | % de postura |
|--------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 25 | 5 | 32 | 4,57 | 1930 | 60,31 | 91,43 |
| 26 | 5 | 34 | 4,86 | 2042 | 60,06 | 97,14 |
| 27 | 5 | 35 | 5,00 | 2086 | 59,60 | 100 |
| 28 | 5 | 32 | 4,57 | 1894 | 59,19 | 91,43 |
| 29 | 5 | 31 | 4,43 | 1869 | 60,29 | 88,57 |
| 30 | 5 | 30 | 4,29 | 1798 | 59,93 | 85,71 |
| 31 | 5 | 34 | 4,86 | 2034 | 59,82 | 97,14 |
| 32 | 5 | 32 | 4,57 | 1956 | 61,13 | 91,43 |
| | | | | | Promedio general | 92,36 |

Nota. La tabla registra los indicadores de rendimiento productivo para el tratamiento con 2% de remolacha, especificando el conteo de unidades, peso y porcentaje semanal.

Tabla 7*Producción de Huevos T2*

| Semana | No. de Gallinas | Total huevos | Huevos Promedio/día | Peso total huevos | Peso promedio | % de postura |
|--------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 25 | 5 | 32 | 4,57 | 1869 | 58,41 | 91,43 |
| 26 | 5 | 31 | 4,43 | 1817 | 58,61 | 88,57 |
| 27 | 5 | 29 | 4,14 | 1685 | 58,10 | 82,86 |
| 28 | 5 | 29 | 4,14 | 1669 | 57,55 | 82,86 |
| 29 | 5 | 23 | 3,29 | 1815 | 58,55 | 65,71 |
| 30 | 5 | 31 | 4,43 | 1842 | 59,42 | 88,57 |
| 31 | 5 | 31 | 4,43 | 1860 | 60,00 | 88,57 |
| 32 | 5 | 32 | 4,57 | 1929 | 60,28 | 91,43 |
| | | | | | Promedio general | 85,00 |

Nota. En la tabla se observa las variables de desempeño en la producción de huevos bajo una inclusión del 4% de remolacha, relacionando el promedio del peso de huevos y el porcentaje de postura.

Tabla 8*Producción de Huevos T3*

| Semana | No. De gallinas | Total huevos | Huevos promedio/día | Peso total huevos | Peso promedio | % de postura |
|--------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 25 | 4 | 23 | 3,29 | 1303 | 56,65 | 82,14 |
| 26 | 4 | 27 | 3,86 | 1420 | 56,80 | 96,43 |
| 27 | 4 | 26 | 3,71 | 1497 | 57,58 | 92,86 |
| 28 | 4 | 24 | 3,43 | 1351 | 56,29 | 85,71 |
| 29 | 4 | 25 | 3,57 | 1450 | 58,00 | 89,29 |
| 30 | 4 | 24 | 3,43 | 1344 | 58,43 | 85,71 |
| 31 | 4 | 24 | 3,43 | 1389 | 57,88 | 85,71 |
| 32 | 4 | 28 | 4,00 | 1627 | 58,11 | 100,0 |
| | | | | | Promedio general | 89,73 |

Nota. La tabla describe los parámetros productivos del tratamiento T3 (6% de remolacha), calculados sobre una población de 4 aves conforme al registro experimental.

Al analizar de manera conjunta los resultados consignados en las tablas, se observa que los tratamientos T0 y T1 registraron los mayores porcentajes de postura, con valores de 92,86% y 92,36%, respectivamente, manteniendo una tendencia estable a lo largo del periodo experimental. Estos resultados indican que la inclusión del 2% de remolacha no afectó negativamente la tasa de postura en comparación con el tratamiento control.

Adicionalmente, el tratamiento T1 se destacó por alcanzar el mayor peso promedio del huevo (60,04g), lo que sugiere un efecto favorable de la suplementación con remolacha al 2% sobre la calidad del producto, sin comprometer el desempeño productivo de las aves. En contraste, el tratamiento T2, correspondiente a una inclusión del 4%, presentó una disminución tanto en el porcentaje de postura (85,00%) como en el peso promedio del huevo (58,87g), lo que sugiere que este nivel de inclusión no resulta eficiente bajo las condiciones evaluadas. Cabe mencionar que este resultado se vio influenciado por una caída puntual en la semana 29, asociada a un incremento en los niveles de estrés ambiental debido a que las aves de este tratamiento se encontraban en un área del corral más expuesta a factores externos y ruidos por fuertes lluvias, lo cual afectó temporalmente su desempeño.

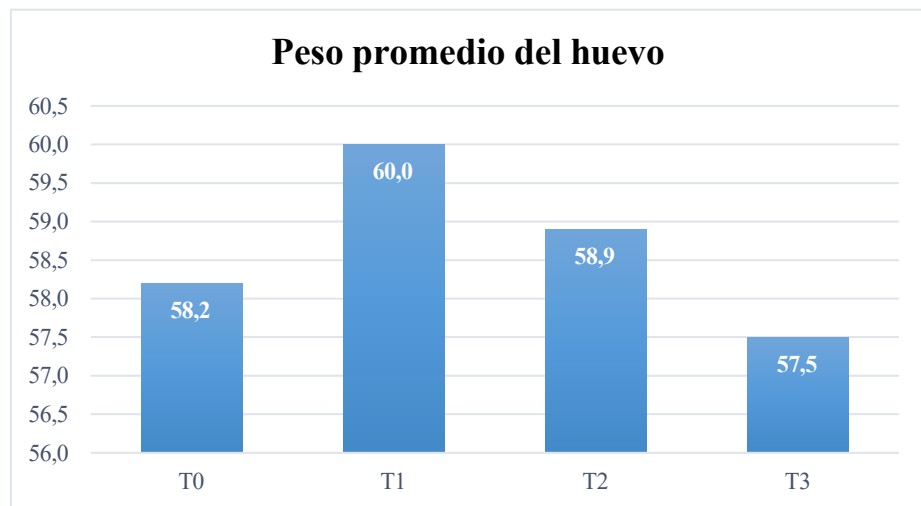
Por su parte, el tratamiento T3 (6% de inclusión) mostró un porcentaje de postura intermedio (89,73%) y el menor peso promedio del huevo (57,47g). Hacia el final del periodo evaluado, específicamente en la semana 32, este grupo alcanzó un porcentaje de postura del 100%, lo que evidencia que las cuatro aves pertenecientes a este tratamiento mantuvieron una producción constante durante los siete días de dicha semana. Este comportamiento sugiere una respuesta positiva de las aves frente a la inclusión del tubérculo en la etapa final del estudio.

La siguiente gráfica muestra la variación del peso promedio de los huevos en relación con los niveles de inclusión de remolacha en la dieta de las aves. Este recurso visual permite

comparar el efecto de cada tratamiento sobre este parámetro productivo, evidenciando las diferencias derivadas de los porcentajes evaluados.

Figura 2

Peso Promedio Total de los Huevos



Nota. La figura representa los valores promedio del peso del huevo obtenidos en cada tratamiento (T0, T1, T2 y T3) a lo largo del ciclo productivo evaluado.

El peso promedio de los huevos evidenció variaciones asociadas a los niveles de inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta. El tratamiento T1 (2%) presentó el mayor valor, lo que sugiere que un nivel moderado de suplementación favorece el desarrollo del huevo frente al control y a los demás tratamientos. En el caso de T2 (4%), los resultados fueron similares a los obtenidos en T0 (sin inclusión), lo que indica que este porcentaje no generó diferencias significativas en comparación con la dieta convencional. Por el contrario, el tratamiento T3 (6%) registró el menor peso promedio, lo que podría estar relacionado con un efecto adverso del exceso de remolacha sobre la eficiencia productiva.

Conversión alimenticia

En aves de postura, la conversión alimenticia es un indicador fundamental para determinar la eficiencia productiva de las gallinas respecto a la dieta diaria. Este parámetro se calcula, generalmente, relacionando la masa de huevos obtenidos con el total de ración consumida.

Tabla 9

Conversión Alimenticia Total (kg alimento/kg huevo) en Aves de Postura con Inclusión de Remolacha (semanas 25 – 32)

| Tratamiento | % Inclusión | Consumo Concentrado Total (kg) | Consumo Remolacha Total (kg) | Consumo Total (kg) | Peso total huevos (kg) | Conversión Alimenticia |
|-------------|-------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| T0 | 0% | 28.000 | 0.000 | 28.000 | 15.121 | 1.85 |
| T1 | 2% | 28.000 | 0.560 | 28.560 | 15.609 | 1.83 |
| T2 | 4% | 28.000 | 1.120 | 29.120 | 14.486 | 2.01 |
| T3 | 6% | 22.400 | 1.344 | 23.744 | 11.381 | 2.09 |

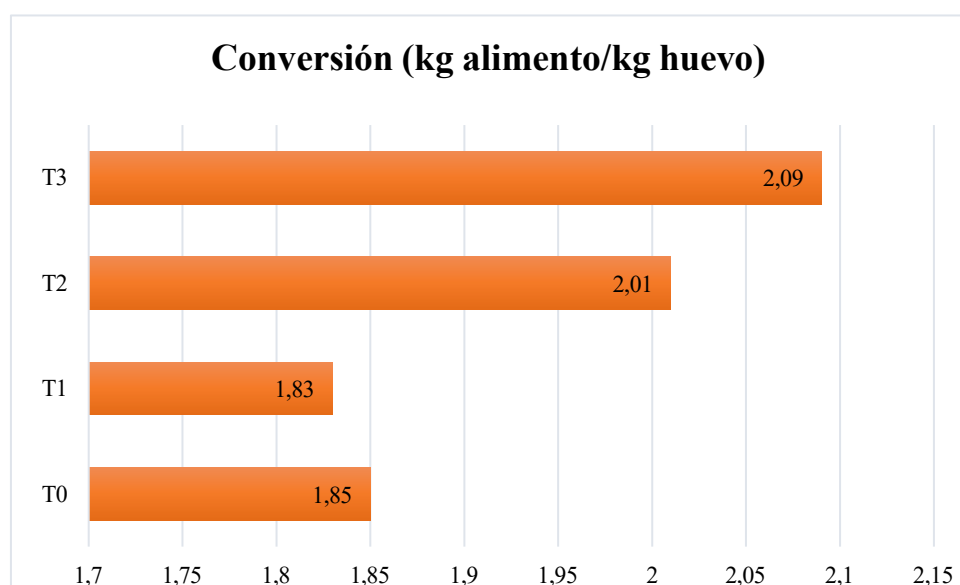
Nota. La tabla integra el análisis comparativo de la eficiencia nutricional por tratamiento, relacionando el consumo total de alimento balanceado y remolacha frente a la masa de huevo producida para determinar el índice de conversión alimenticia.

La conversión alimenticia total obtenida en el periodo comprendido entre las semanas 25 y 32 permitió identificar diferencias entre los tratamientos. El grupo control (T0, sin inclusión de remolacha) presentó una conversión de 1.85 kg de alimento por cada kg de huevo producido, mientras que el grupo con 2% de inclusión (T1) mostró la mejor eficiencia, con un valor de 1.83 kg/kg. Esto indica que una baja suplementación con remolacha (*Beta vulgaris*) favoreció el aprovechamiento del alimento para la producción de huevo. En contraste, los grupos con inclusiones mayores (T2 con 4% y T3 con 6%) evidenciaron una disminución en la eficiencia, alcanzando conversiones de 2.01 kg/kg y 2.09 kg/kg, respectivamente.

En cuanto a la relación entre el suministro de remolacha (*Beta vulgaris*) y la producción, se observa que, a partir de la inclusión progresiva de la remolacha en los grupos de tratamiento (T1, T2 y T3), se produjo una mejora en la cantidad y en el peso de los huevos. Los grupos que recibieron la suplementación mostraron una tendencia hacia una mayor producción y un mayor peso en comparación con los primeros registros.

Figura 3

Conversión Alimenticia Total en Aves de Postura con Inclusión de Remolacha (Semana 25 - 32)



Nota. La figura evidencia la relación entre el consumo de alimento y la producción de masa de huevo para cada tratamiento, expresada en kilogramos de alimento por kilogramo de huevo producido.

La representación gráfica confirma las diferencias entre tratamientos descritas en la tabla. Se aprecia de forma clara la superioridad del grupo con 2% de inclusión de remolacha (T1) frente al resto, mientras que los tratamientos con niveles más altos (T2 y T3) mantienen valores por encima, reafirmando la menor eficiencia señalada previamente. De esta manera, la gráfica facilita la comparación visual de los resultados obtenidos.

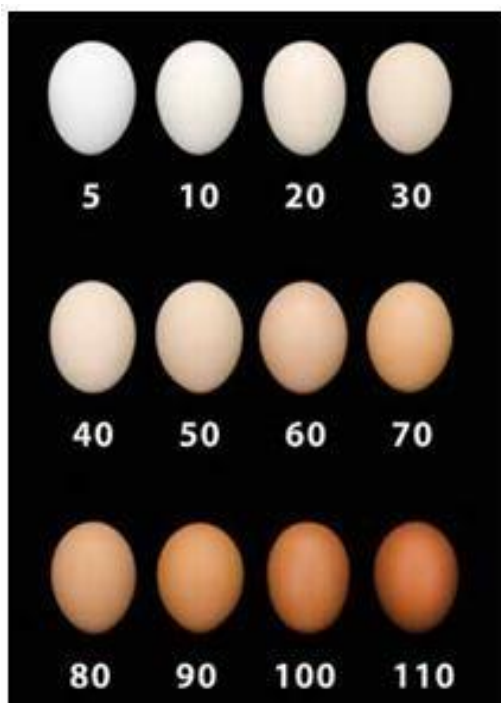
Evaluación de Características Externas

Color del Huevo

El proyecto aplicado consideró el color de la cáscara como un indicador fundamental de la calidad del huevo, debido a que constituye un criterio de aceptación en los mercados y puede influir en la decisión de compra del consumidor. Las preferencias respecto a esta característica varían considerablemente entre regiones, lo que justifica la necesidad de una evaluación objetiva y estandarizada.

Para la determinación del color, se empleó una metodología de evaluación visual basada en la intensidad cromática, siguiendo el criterio propuesto por Higginson et al. (2017). Este método permite clasificar las tonalidades de la cáscara mediante una escala de referencia, facilitando la comparación entre diferentes tratamientos o condiciones experimentales. La aplicación de este sistema proporciona una medida confiable que supera las limitaciones de la subjetividad y permite una generación de información aplicable tanto a la investigación científica como a la industria avícola.

El uso de esta técnica garantiza la obtención de datos reproducibles y estandarizados, lo cual resulta esencial en estudios de calidad del huevo (Higginson et al., 2017).

Figura 4*Escala de Color de la Cáscara de Huevo*

Nota. La figura expone los diferentes niveles de pigmentación externa de la cáscara de huevo mediante una escala numérica de referencia para la clasificación visual. Tomado de Higginson et al., 2017.

El color de la cáscara fue evaluado mediante esta escala visual de intensidad cromática, en la cual valores bajos corresponden a cáscaras de tonalidad más clara y valores altos a cáscaras con mayor intensidad de pigmentación, permitiendo comparar de manera relativa los cambios en el depósito de pigmentos entre tratamientos. La utilización de dicha escala sugiere la clasificación visual de acuerdo a la intensidad del color, la cual está asociada al depósito de pigmentos como la protoporfirina, la cual es responsable de las tonalidades rojizas, marrones o pardo-violáceas; que indirectamente estarían relacionadas a la alimentación animal.

Tabla 10*Promedio del Color de la Cascara por Grupos*

| Tratamiento | Totalidad de Huevos Color Cascara | | | | |
|-------------|-----------------------------------|----|----|----|-----|
| | Escala Color Cáscara | | | | |
| | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| T0 | 40 | 45 | 54 | 60 | 61 |
| T1 | 36 | 47 | 51 | 65 | 61 |
| T2 | 43 | 43 | 46 | 52 | 54 |
| T3 | 40 | 37 | 40 | 42 | 42 |

Nota. La tabla especifica la distribución de la intensidad cromática de la cáscara por tratamiento, clasificada mediante una escala numérica para evaluar la uniformidad del color externo en las unidades recolectadas.

La tabla 10 presenta la distribución total de los huevos respecto a la escala de color de la cáscara (60, 70, 80, 90 y 100) para los tratamientos evaluados a lo largo de las ocho semanas de estudio.

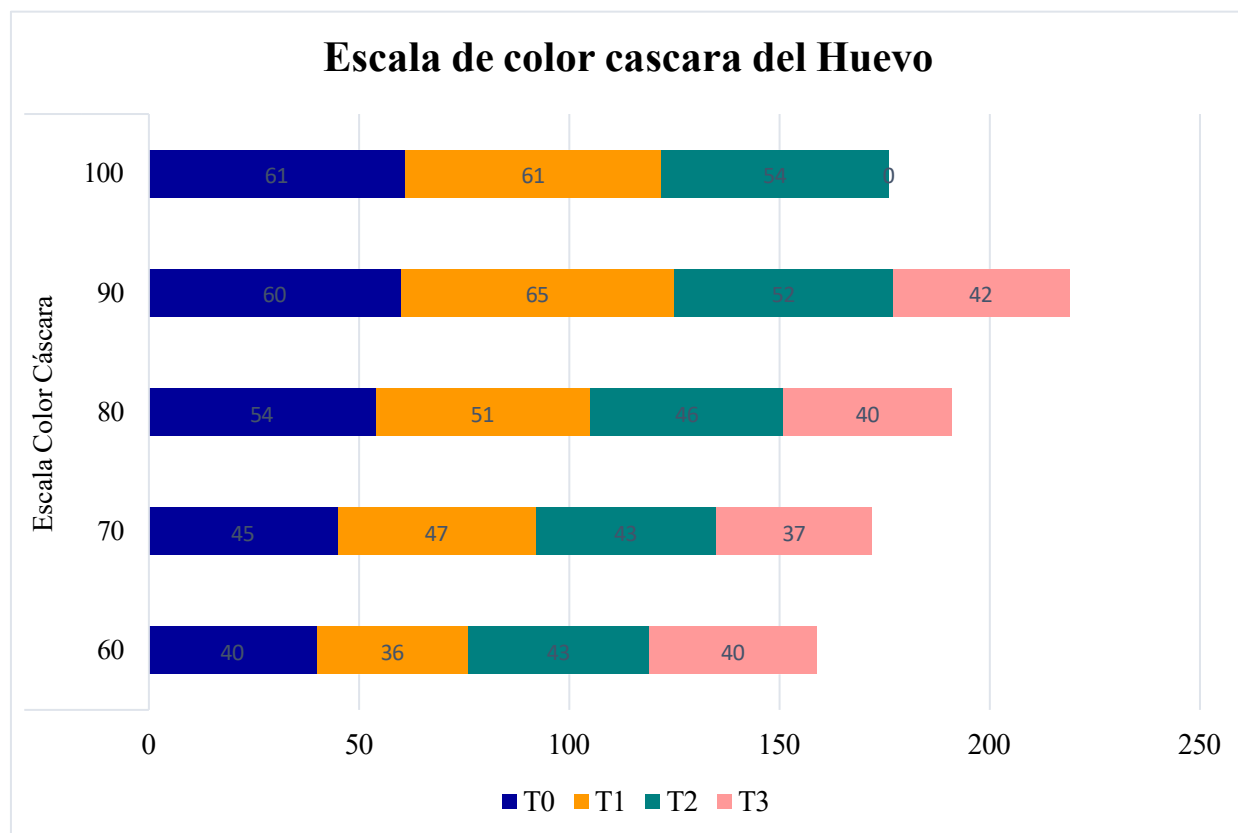
Para T0 (tratamiento control), se observó mayor frecuencia de huevos con escala de 90 y 100, indicando una tendencia hacia tonalidades más oscuras en la cáscara; los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron una distribución predominante hacia las escalas 80, 90 y 100, característica de la línea genética Isa Brown. Al realizar una comparación entre tratamientos, no se observan diferencias marcadas en la distribución del color de la cáscara entre el tratamiento control y los demás que recibieron inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en sus respectivos niveles.

En cuanto a la frecuencia de los colores de los huevos, los más claros (60 y 70) fueron relativamente constantes en cada tratamiento; por su parte, los colores más oscuros (90 y 100) representaron la mayor cantidad del total de huevos evaluados; estos resultados sugieren que la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de las aves de postura, en los niveles establecidos, no genera afectaciones significativas en la pigmentación de la cáscara del huevo,

manteniéndose colores uniformes acordes que como se mencionó anteriormente estos colores están más condicionados por las concentraciones de hierro y no por carotenos.

Figura 5

Escala de Color de la Cáscara del Huevo por Tratamiento



Nota. La figura categoriza la frecuencia de huevos obtenidos en los diferentes niveles de pigmentación de la cáscara (60 a 100), comparando la distribución de las unidades para cada grupo experimental analizado.

El gráfico de barras permite visualizar una tendencia clara hacia la obtención de pigmentaciones marcadas en la cáscara, independientemente del nivel de inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta, ya que gran parte de los datos se agrupa en las escalas verticales de 90 y 80. Al observar el comportamiento de los tratamientos, destaca el T1 en la escala 90 con 65 huevos, cifra que supera levemente al grupo control (T0). Por su parte, la estructura general de

las barras muestra segmentos de longitudes muy similares en las escalas 60 y 70, lo que confirma una respuesta homogénea en las aves y que la inclusión de este tubérculo no genera variaciones intensas o fuertes en la apariencia externa del huevo, manteniendo así la uniformidad del lote.

Clasificación del Huevo

La clasificación de los huevos según su peso individual se realizó con base en la Norma Técnica Colombiana ICONTEC NTC 1240 de 2012, que define los parámetros oficiales para su categorización en el mercado nacional. Esta normativa establece criterios estandarizados que permiten garantizar la calidad del producto, facilitar su comercialización y responder de manera uniforme a las exigencias de la cadena productiva y a las preferencias del consumidor. Bajo este marco, los huevos son agrupados en categorías específicas que aseguran homogeneidad en los procesos de producción, empaque y distribución, contribuyendo a mantener la competitividad y confianza en el sector avícola.

Tabla 11

Clasificación del Huevo a Partir de la Norma Técnica Colombiana (NTC 1240)

| Categoría | Rango peso en gramos |
|-----------|----------------------|
| Jumbo | > 78,0 gr. |
| AAA | 67,0 – 77,0 gr |
| AA | 60,0 – 66,9 gr. |
| A | 53,0 – 59,9 gr |
| B | 46,0 – 52,9 gr |
| C | < 46,0 |

Nota. La tabla expone la escala de categorización comercial de huevo en Colombia basada en el gramaje por unidad, rangos establecidos por la Norma Técnica Colombiana. Tomado de ICONTEC, 2012.

En base a la Norma Técnica Colombiana NTC 1240 (ICONTEC, 2012) la clasificación de los huevos comerciales se realiza en función de su peso, criterio que permite estandarizar la comercialización y responder a preferencias del mercado. Es así, como los huevos tipo Jumbo corresponden a la categoría de mayor tamaño, con un peso superior a 78g. Su presencia en la producción avícola es relativamente poco frecuente, dado que generalmente provienen de gallinas de mayor edad y con ciclos productivos avanzados, lo que les confiere un carácter excepcional dentro del mercado.

La categoría AAA agrupa los huevos cuyo peso oscila entre 67 y 77g. Estos se caracterizan por su gran tamaño y elevada calidad comercial, razones por las cuales presentan una alta aceptación por parte de los consumidores y una demanda significativa en los canales de comercialización. En la categoría AA se incluyen los huevos con un peso comprendido entre 60 y 66,9g. Esta categoría representa una de las más comunes en el mercado, debido a su tamaño óptimo y a su amplia aceptación por parte del consumidor, siendo considerados productos de excelente calidad.

Por su parte, los huevos clasificados como categoría A presentan un peso entre 53 y 59,9g y constituyen la categoría más estandarizada y frecuente en los puntos de venta, desempeñando un papel central en la comercialización avícola a nivel nacional. La categoría B corresponde a huevos con un peso entre 46 y 52,9g, considerados de tamaño mediano a pequeño. Generalmente, estos huevos se destinan a la industria alimentaria o se comercializan a un menor precio en comparación con las categorías de mayor tamaño.

Finalmente, la categoría C agrupa los huevos con un peso inferior a 46g. Debido a su reducido tamaño, presentan un menor valor comercial y una aceptación limitada en el mercado minorista; no obstante, pueden ser aprovechados en procesos de transformación industrial o en

mercados específicos. Los resultados correspondientes a los huevos obtenidos en cada uno de los tratamientos experimentales y su respectiva clasificación según el peso alcanzado, los ciclos de postura en gallinas se analizan y organizan en base a las semanas de vida dado que esto permite una evaluación más precisa del comportamiento productivo, la uniformidad del lote y la evolución del ciclo productivo a lo largo del tiempo.

Análisis de Resultados

Tabla 12

Clasificación de Huevos Tratamiento T0

| Semana | C | B | A | AA | AAA | JUM | Total |
|--------|---|---|-----|----|-----|-----|-------|
| 25 | 0 | 0 | 30 | 3 | 0 | 0 | 33 |
| 26 | 0 | 0 | 24 | 6 | 0 | 0 | 30 |
| 27 | 0 | 1 | 25 | 6 | 0 | 0 | 32 |
| 28 | 0 | 3 | 24 | 7 | 0 | 0 | 34 |
| 29 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 32 |
| 30 | 0 | 0 | 16 | 19 | 0 | 0 | 35 |
| 31 | 0 | 2 | 16 | 13 | 0 | 0 | 31 |
| 32 | 0 | 0 | 14 | 19 | 0 | 0 | 33 |
| Total | 0 | 6 | 165 | 89 | 0 | 0 | 260 |

Nota. La tabla relaciona la cantidad de huevos producidos por el tratamiento T0, clasificados semanalmente según las categorías de peso (C, B, A, AA, AAA y JUM).

Tabla 13

Clasificación de Huevos Tratamiento T1

| Semana | C | B | A | AA | AAA | JUM | Total |
|--------|---|---|-----|-----|-----|-----|-------|
| 25 | 0 | 0 | 12 | 20 | 0 | 0 | 32 |
| 26 | 0 | 0 | 11 | 23 | 0 | 0 | 34 |
| 27 | 0 | 0 | 13 | 22 | 0 | 0 | 35 |
| 28 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 32 |
| 29 | 0 | 0 | 11 | 20 | 0 | 0 | 31 |
| 30 | 0 | 0 | 15 | 14 | 1 | 0 | 30 |
| 31 | 0 | 0 | 13 | 20 | 1 | 0 | 34 |
| 32 | 0 | 0 | 15 | 16 | 0 | 1 | 32 |
| Total | 0 | 0 | 106 | 151 | 2 | 1 | 260 |

Nota. La tabla consolida el registro semanal de la producción de huevos del tratamiento T1, distribuidos por categorías de peso comercial desde la semana 25 hasta la 32.

Tabla 14*Clasificación de Huevos Tratamiento T2*

| Semana | C | B | A | AA | AAA | JUM | Total |
|--------|---|---|-----|----|-----|-----|-------|
| 25 | 0 | 2 | 15 | 15 | 0 | 0 | 32 |
| 26 | 0 | 1 | 22 | 7 | 1 | 0 | 31 |
| 27 | 0 | 0 | 25 | 4 | 0 | 0 | 29 |
| 28 | 0 | 0 | 22 | 7 | 0 | 0 | 29 |
| 29 | 0 | 1 | 14 | 8 | 0 | 0 | 23 |
| 30 | 0 | 0 | 15 | 14 | 2 | 0 | 31 |
| 31 | 0 | 0 | 15 | 14 | 2 | 0 | 31 |
| 32 | 0 | 1 | 12 | 17 | 1 | 1 | 32 |
| Total | 0 | 5 | 140 | 86 | 6 | 1 | 238 |

Nota. La tabla detalla la cantidad semanal de huevos obtenidos en el tratamiento T2, según las categorías comerciales de peso de la NTC 1240.

Tabla 15*Clasificación de Huevos Tratamiento T3*

| Semana | C | B | A | AA | AAA | Jumbo | Total |
|--------|---|----|-----|----|-----|-------|-------|
| 25 | 0 | 4 | 14 | 5 | 0 | 0 | 23 |
| 26 | 0 | 3 | 18 | 6 | 0 | 0 | 27 |
| 27 | 0 | 1 | 18 | 7 | 0 | 0 | 26 |
| 28 | 0 | 1 | 20 | 3 | 0 | 0 | 24 |
| 29 | 0 | 0 | 16 | 9 | 0 | 0 | 25 |
| 30 | 0 | 1 | 14 | 9 | 0 | 0 | 24 |
| 31 | 0 | 1 | 14 | 9 | 0 | 0 | 24 |
| 32 | 0 | 0 | 20 | 8 | 0 | 0 | 28 |
| Total | 0 | 11 | 134 | 56 | 0 | 0 | 201 |

Nota. La tabla representa la distribución semanal de la producción de huevos del tratamiento T3 según las categorías de peso establecidas en la normativa comercial.

Tabla 16*Distribución de Huevos por Tratamiento Según su Clasificación por Peso*

| Clasificación | T0 | T1 | T2 | T3 | Total |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 6 | 0 | 5 | 11 | 22 |
| A | 165 | 106 | 140 | 134 | 545 |
| AA | 89 | 151 | 86 | 56 | 382 |
| AAA | 0 | 2 | 6 | 0 | 8 |
| JUM | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| TOTAL | 260 | 260 | 238 | 201 | 959 |

Nota. La tabla registra la producción total por tratamiento (T0, T1, T2, T3) organizado por categorías de peso comercial para la comparación global de resultados.

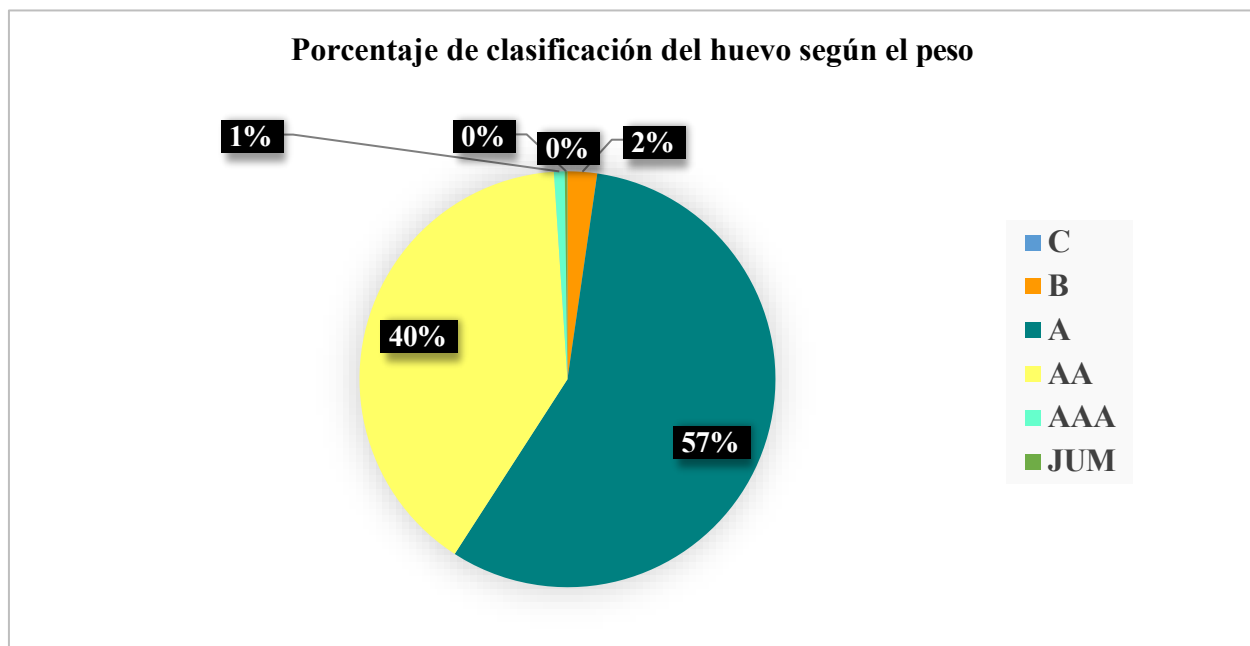
La tabla 16 relaciona el número total de huevos obtenidos durante el periodo experimental, distribuidos por su clasificación comercial según peso, para los tratamientos evaluados T0, T1, T2 y T3. Desde un punto de vista productivo, se observa que los tratamientos T0 y T1 registraron el mayor desempeño, con un total de 260 unidades cada uno (promedio de 32,5 huevos/ave), lo que demuestra una estabilidad productiva inicial frente a la inclusión. Por el contrario, los grupos T2 y T3 evidenciaron un descenso progresivo, alcanzando totales de 238 y 201 unidades, respectivamente. Es importante señalar que la disminución en T3 (promedio de 25,13) está vinculada directamente a que dicho grupo contó con solo cuatro aves en postura, a diferencia de las cinco presentes en los demás tratamientos, factor que incide proporcionalmente en la cantidad de huevos totales durante el experimento. En cuanto a la calidad comercial de los huevos, las categorías A y AA predominaron en todos los tratamientos; sin embargo, la distribución revela que el tratamiento T1 (2% de remolacha) presentó los resultados más óptimos en términos de valor comercial, al concentrar la mayor cantidad de huevos en la categoría AA (151 unidades) y ser el único en registrar presencia en las categorías superiores AAA y JUM.

Estos datos podrían sugerir que una inclusión moderada de remolacha favorece la deposición de nutrientes en el huevo sin comprometer la tasa de postura.

Por el contrario, el tratamiento T3 mostró un comportamiento diferente. A pesar de tener una producción menor, la mayoría de sus huevos se clasificaron en la categoría A (134) y registró el valor más alto en la categoría B (11), la de menor peso en el presente estudio. De igual forma, es posible indicar que niveles de inclusión del 6% de remolacha podrían no ser tan eficientes para mejorar el peso del huevo en comparación con niveles más bajos. Los tratamientos T0 (control) y T2 (4%) mantuvieron un comportamiento intermedio, con una frecuencia notable de la categoría A (165 y 140 unidades, respectivamente). Los resultados permiten evidenciar que el tratamiento T1 (2%) representa el nivel de inclusión más eficiente, ya que no solo mantuvo similitud productiva con el grupo control (T0), sino que optimizó la calidad del producto final al incrementar significativamente la proporción de huevos en categorías de mayor peso (AA, AAA y JUM).

Figura 6

Porcentaje de Clasificación del Huevo Según Norma Técnica Colombiana NTC 1240



Nota. La figura detalla la distribución porcentual de las unidades producidas de acuerdo con las categorías de peso establecidas por la normativa nacional.

La gráfica relaciona el porcentaje de clasificación de los huevos producidos durante el periodo experimental, donde se observa que se ubicaron en categorías de peso comercial favorable, siendo A y AA, indicadores de mayor representatividad, los cuales se mantuvieron una buena uniformidad en el tamaño y peso del huevo. Además, es relevante mencionar que, a pesar de un registro mínimo, se obtuvieron huevos de clasificación AAA (2%). Respecto a la baja proporción de huevos en las categorías de menor peso, esta sugiere que no hubo afectaciones importantes en la calidad del producto, mientras que la presencia de algunas unidades en categorías superiores refleja que las aves también lograron alcanzar pesos más altos en determinados casos.

Índice Morfológico

El índice morfológico es un parámetro técnico fundamental para determinar la calidad comercial y analizar factores biológicos relacionados con la producción, el cual se obtiene a partir de la relación entre el ancho y el largo del huevo (Periago, 2011). Un valor dentro del rango óptimo refleja una morfología regular, condición que favorece la manipulación, el empaque y la comercialización; por el contrario, rangos fuera de los parámetros establecidos evidencian variaciones que pueden afectar su aceptación en el mercado y reducir el valor económico del producto.

Este indicador resulta relevante en el ámbito investigativo, ya que permite relacionar las dimensiones y el grado de conformación del huevo con factores genéticos, nutricionales y de manejo bajo diferentes estrategias de alimentación. Al respecto, el parámetro se considera adecuado cuando se encuentra en un rango de 65% al 82%, sirviendo como referencia para evaluar la normalidad de los resultados. Según Periago (2011), una conformación adecuada refleja un buen funcionamiento del aparato reproductor de la gallina, lo cual es un indicador directo de salud y eficiencia productiva en el lote. El índice morfológico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice Morfológico (IM)} = \left(\frac{\text{anchura}}{\text{longitud}} \right) \times 100$$

En la Tabla 17 se presentan los valores promedio obtenidos en la evaluación del índice morfológico de los huevos analizados para cada uno de los tratamientos experimentales: el tratamiento testigo (T0) y los tratamientos con inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en proporciones del 2%, 4% y 6%, respectivamente.

Tabla 17

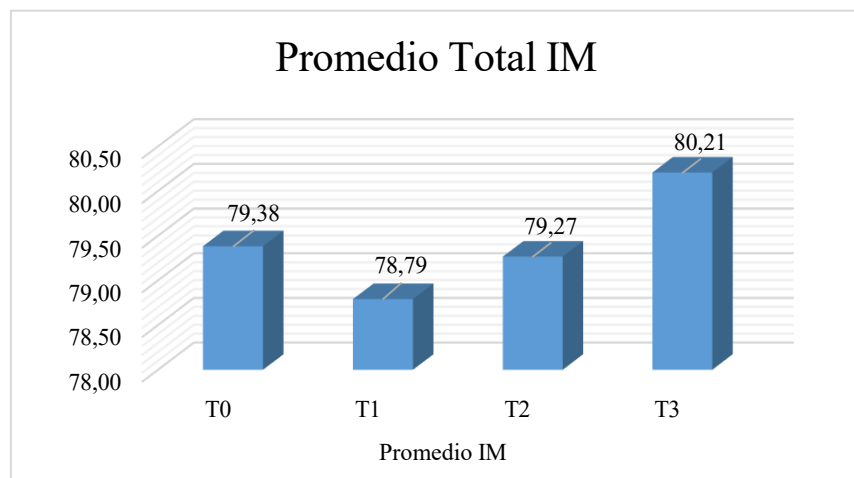
Promedio Índice Morfológico Semanal por Tratamiento

| Semanas de vida | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| 25 | 79,68 | 77,21 | 73,21 | 78,74 |
| 26 | 77,27 | 76,16 | 81,70 | 86,90 |
| 27 | 79,68 | 79,13 | 81,14 | 79,08 |
| 28 | 80,01 | 80,10 | 79,45 | 78,57 |
| 29 | 79,67 | 79,09 | 81,07 | 79,52 |
| 30 | 79,63 | 79,14 | 79,09 | 79,81 |
| 31 | 80,63 | 80,39 | 81,04 | 79,55 |
| 32 | 78,50 | 79,12 | 77,43 | 79,49 |
| Total | 79,38 | 78,79 | 79,27 | 80,21 |

Nota. La tabla evidencia el comportamiento semanal del índice morfológico del huevo, detallando los promedios individuales y el consolidado total para cada grupo evaluado.

Figura 7

Promedio del Índice Morfológico en Huevos de Aves Suplementadas con Remolacha



Nota. La figura proyecta el comportamiento del índice morfológico (IM) promedio calculado para cada tratamiento, permitiendo observar las variaciones en la forma del huevo según el nivel de inclusión de remolacha.

El índice morfológico (IM) de los huevos evaluados durante el periodo experimental se mantuvo dentro de rangos considerados normales para gallinas ponedoras, evidenciando una conformación adecuada a lo largo de las semanas de estudio. Los valores registrados mostraron variaciones entre tratamientos y semanas, asociadas a la variabilidad fisiológica propia de la etapa productiva y a la variación natural del producto.

Al analizar los promedios por tratamiento, el T3 presentó el mayor valor del IM (80,21%), seguido por el tratamiento testigo T0 (79,38%) y el T2 (79,27%), mientras que el T1 registró el promedio más bajo (78,79%).

En cuanto al comportamiento semanal, el índice morfológico mostró una tendencia relativamente estable durante el periodo experimental, con valores concentrados principalmente entre 79 y 81%. Se registraron fluctuaciones puntuales, como el valor máximo observado en la semana 26 para el tratamiento T3 (86,90 %) y el mínimo en la semana 25 para el tratamiento T2 (73,21 %), sin que estos extremos se mantuvieran de manera sostenida en el tiempo; evidenciando una distribución homogénea, dentro de los rangos mínimos y máximos permitidos durante el periodo de estudio.

Morfología de Yema Según los Tratamientos

La yema es la estructura central del huevo y se caracteriza generalmente por su color anaranjado. Representa cerca del 30 al 33% del peso total del huevo y constituye la parte más voluminosa de la célula. Está formada por múltiples capas concéntricas de vitelo amarillo y blanco, ubicadas de manera alterna, lo que le da su organización interna característica. En su superficie se localiza el disco germinal y se encuentra rodeada por la membrana vitelina, que la separa de la clara. En su interior también se distingue la latebra, estructura que contribuye a su

conformación, asimismo, contiene células germinales en las cuales se produce la fecundación y el desarrollo del embrión como su protección ante microorganismos y contaminación.

Tabla 18

Índice Morfológico de la Yema De Huevo

| Tratamiento | Altura Promedio (mm) | Diámetro Promedio (mm) | Índice de Yema (IY) |
|-------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| T0 | 10,7 | 38,7 | 0,28 |
| T1 | 10,4 | 38,3 | 0,27 |
| T2 | 11,6 | 37,2 | 0,31 |
| T3 | 11,4 | 37,6 | 0,30 |

Nota. La tabla presenta las mediciones de altura y diámetro promedio de la yema, junto con el cálculo del índice de yema (IY) obtenido en cada tratamiento evaluado.

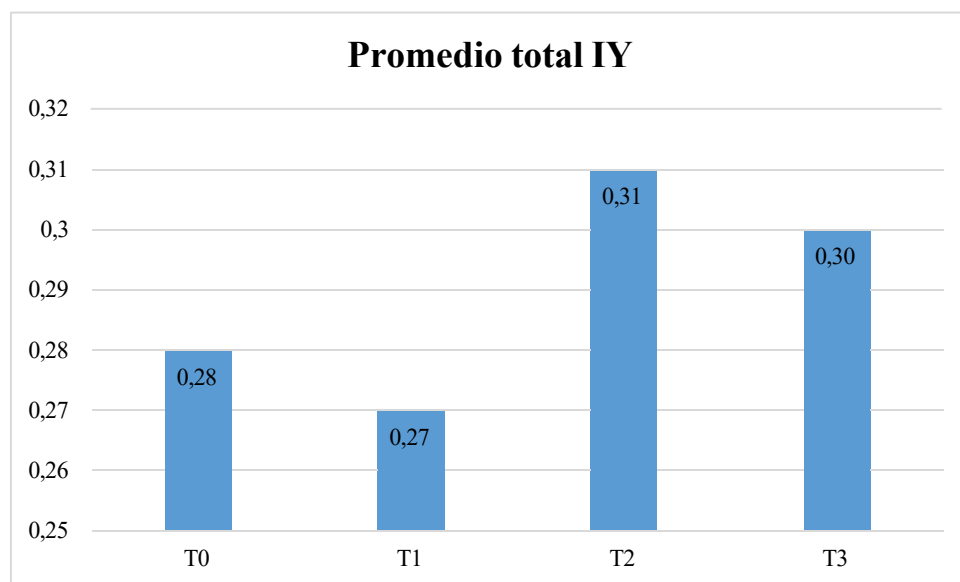
El comportamiento de la yema evidencia una estabilidad notable en la calidad interna de los huevos producidos bajo los distintos regímenes alimenticios. El promedio general de la altura se mantuvo en 10,7 mm para el grupo control, mientras que en los tratamientos con inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) se alcanzaron niveles superiores de 11,6 mm y 11,4 mm, lo cual constituye un indicador positivo de frescura del producto. Cabe resaltar que la estructura física no afectó la integridad de la membrana vitelina, permitiendo que el índice de yema se mantuviera en niveles óptimos de 0,31 y 0,30 para T2 y T3 respectivamente.

En relación con la forma de la yema, predominó la forma esférica, el tratamiento T1 presentó el mayor porcentaje de yemas esféricas (73,1 %), seguido por T2 con 71,7 % y T3 con 70,0 %, mientras que el grupo control (T0) registró el porcentaje más bajo (63,6 %). Estos resultados sugieren que la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta influyó positivamente en la forma y consistencia de la yema, lo que indica una mejor calidad interna y un adecuado estado nutricional de las aves.

Asimismo, el equilibrio entre altura y diámetro sugiere que la inclusión de la remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta no altera las propiedades físicas fundamentales de la yema. Por el contrario, en tratamientos específicos como el T2 (4 %) y el T3 (6 %), se observó una tendencia hacia yemas más firmes y compactas, con diámetros promedio de 37,2 mm y 37,6 mm. Esta característica resulta relevante para el consumidor final, ya que una yema que no se rompe fácilmente al ser manipulada se asocia con un huevo de alta calidad y adecuada procedencia nutricional. Respecto a la verificación organoléptica, los huevos clasificados como frescos fueron más frecuentes en los tratamientos T1 (65,7 %) y T3 (70,0 %), lo que evidencia que las condiciones de conservación y la dieta suministrada favorecieron una buena calidad sensorial. Por otra parte, los valores correspondientes a la verificación organoléptica “suave” oscilaron entre 32,0 % para T3 y 42,4 % para T0, siendo este último el más alto, posiblemente debido a una menor firmeza del albumen o a una ligera pérdida de frescura.

Figura 8

Índice de Yema General de los Tratamientos Según las Semanas de Estudio



Nota. La figura muestra los valores promedio del índice de yema (IY) registrados para cada grupo experimental, reflejando la calidad interna del huevo tras la suplementación con remolacha.

En la gráfica 6, se observa un comportamiento diferencial en la consistencia de la yema según el nivel de suplementación alimenticia. La disposición de las barras permite identificar una tendencia de mejora en la integridad estructural del huevo, alcanzando su punto máximo en el tratamiento T2 (0,31), seguido de cerca por T3 (0,30). Estos valores superan el registro del grupo control (T0), lo que sugiere que la inclusión de niveles intermedios y altos de la dieta experimental favorece una mayor firmeza y esfericidad de la yema.

Desde una perspectiva morfométrica, el incremento visual en los tratamientos T2 y T3 es un indicador de una membrana vitelina más resistente y un contenido interno más denso. Por el contrario, el tratamiento T1 presenta el promedio más bajo de la serie (0,27), situándose incluso por debajo del grupo base, esto podría indicar que un nivel de inclusión bajo no es suficiente para estabilizar los parámetros de calidad interna.

Color de Yema

El color de la yema constituye un atributo de calidad sensorial valorado por los consumidores, aunque varía según las preferencias culturales y de mercado. La tonalidad depende principalmente de la dieta de la gallina, en especial de los pigmentos naturales como xantofilas y carotenoides, presentes en materias primas como el maíz amarillo (*Zea mays*), la alfalfa (*Medicago sativa*), la remolacha (*Beta vulgaris*) y en aditivos pigmentante de origen vegetal.

El Abanico de Roche es una escala de referencia utilizada en avicultura para medir de manera estandarizada la pigmentación de la yema de huevo. Consta de 15 tonos que van desde el

amarillo pálido (valor 1) hasta el naranja intenso (valor 15), lo que permite comparaciones visuales precisas y repetibles. En la investigación científica y en la industria avícola, el Abanico de Roche es esencial porque estandariza resultados, permite comparar tratamientos nutricionales y asegura una presentación uniforme del producto. Su aplicación facilita ajustar las dietas para alcanzar el nivel de coloración preferido en cada mercado, optimizando la aceptación comercial del huevo. (Valdivieso Luna et al., 2020)

Figura 9

Abanico de Roche



Nota. La figura exhibe el instrumento colorimétrico estándar utilizado para determinar el grado de pigmentación de la yema, proporcionando una escala visual de referencia del 1 al 15. Tomado de Valdivieso Luna et al., 2020.

Tabla 19*Totalidad de Huevos por Tratamiento Según Escala Abanico Roche*

| Tratamiento | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------|----|----|----|----|
| T0 | 12 | 29 | 22 | 3 |
| T1 | 8 | 23 | 26 | 10 |
| T2 | 0 | 13 | 26 | 21 |
| T3 | 0 | 2 | 24 | 24 |

Nota. La tabla cuantifica la frecuencia de huevos observados en cada nivel de la escala de Roche (12 a 15) para los diferentes grupos experimentales analizados.

Los resultados de la evaluación del color de la yema, determinados mediante el Abanico Roche, se presentan en la Tabla 19, la cual detalla la distribución absoluta de los huevos clasificados por tratamiento. Las categorías predominantes en el conjunto de datos correspondieron a los valores 12, 13, 14 y 15, asociados a tonalidades que oscilan entre naranja y naranja intenso, rango característico de sistemas productivos con adecuada deposición de pigmentos liposolubles en la yema.

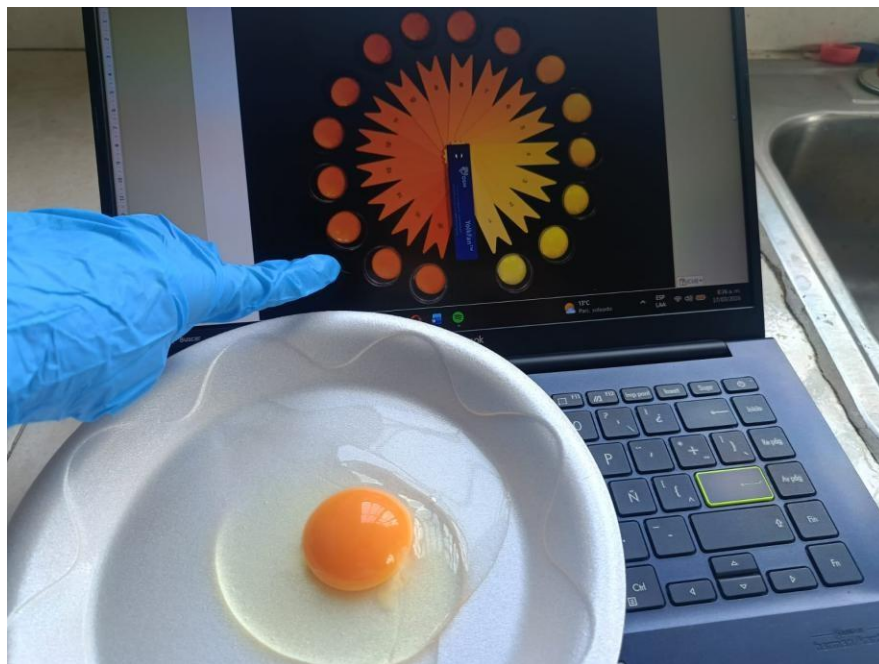
En el tratamiento T0 (grupo control), la mayor frecuencia se concentró en la clasificación 13 (29 huevos), seguida del valor 14 (22 huevos), mientras que la presencia del valor 15 fue limitada (3 huevos). La clasificación 12 se presentó en menor proporción, configurando una distribución centrada en tonalidades intermedias. Este comportamiento evidencia una dispersión moderada alrededor de los valores medios de la escala, sin desplazamientos marcados hacia los extremos superiores. En el tratamiento T1 (2 % de inclusión de remolacha), la distribución mostró una mayor participación de los valores 14 y 15 en comparación con el grupo control. La clasificación 15 alcanzó 10 registros, lo que representa un incremento en la proporción de tonalidades más intensas. No obstante, los valores 13 y 14 continuaron concentrando la mayor

parte de los registros, manteniendo una estructura de distribución relativamente equilibrada dentro del rango medio–alto de la escala.

Para el tratamiento T2 (4 % de inclusión), se observó una modificación en la estructura de frecuencias, caracterizada por la ausencia de registros en la clasificación 12 y una mayor concentración en los valores 14 (26 huevos) y 15 (21 huevos). Esta distribución refleja un desplazamiento hacia categorías superiores de la escala, con menor dispersión en los rangos bajos y predominio de tonalidades intensas. En el tratamiento T3 (6 % de inclusión), la distribución se concentró principalmente en las clasificaciones 14 y 15 (24 huevos en cada una), con escasa representación del valor 13 (2 huevos) y ausencia de la clasificación 12. A pesar de que el número total de huevos evaluados en este tratamiento fue menor debido a la reducción del tamaño del lote experimental, la estructura de frecuencias mantuvo una concentración en los rangos superiores de la escala.

Figura 10

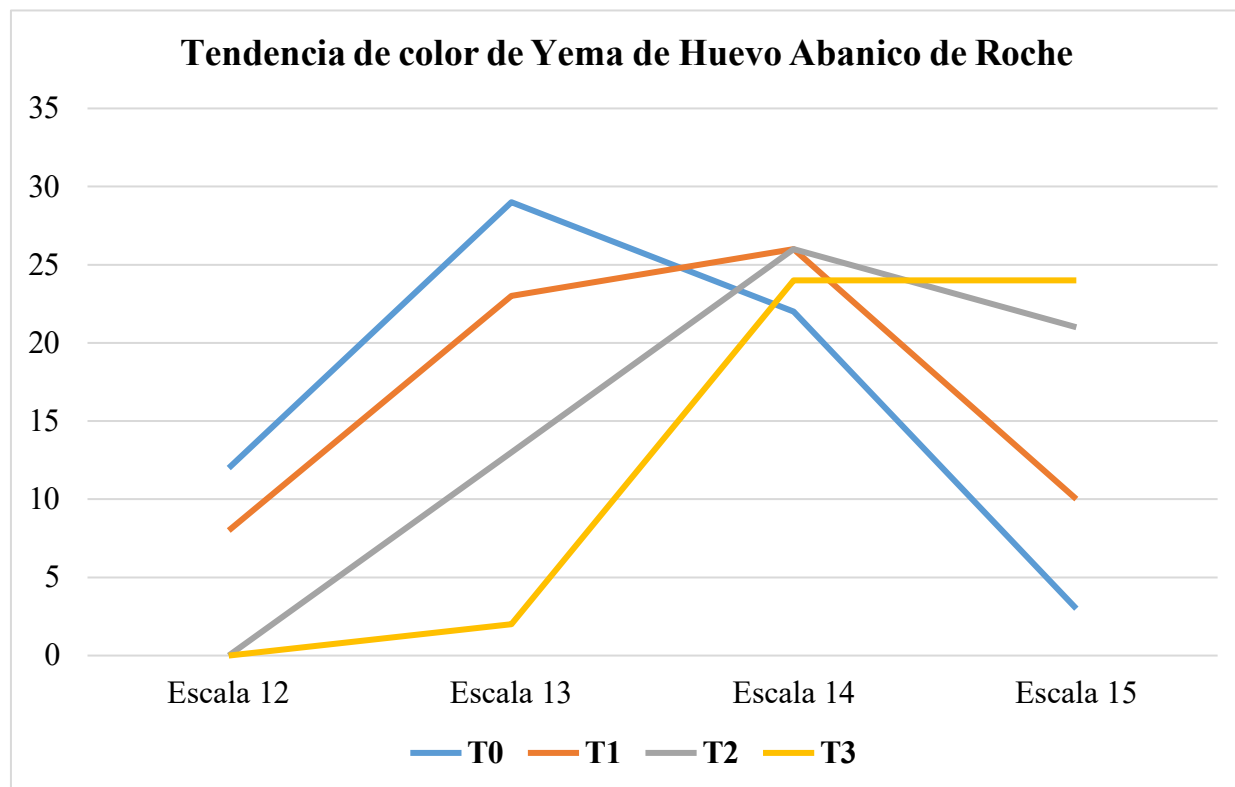
Evaluación del Grado de Pigmentación en Yema de Huevo Mediante la Escala de Abanico de Roche



Nota. La figura evidencia el procedimiento técnico de comparación visual entre la coloración de la yema obtenida en el estudio y los niveles de referencia de la escala Roche para su respectiva clasificación cualitativa.

Figura 11

Tendencia de Color de Yema de Huevo Abanico de Roche



Nota. La figura plasma el comportamiento de la coloración en las yemas de los distintos grupos experimentales, permitiendo contrastar cómo evolucionó la pigmentación según la escala Roche durante las semanas de investigación.

En la gráfica se observa cómo la intensidad del color de la yema aumenta de forma directa según el nivel de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de las aves. El cambio más notable es el desplazamiento de las líneas hacia la derecha; mientras que el grupo control (T0) tiene su punto más alto en la escala 13, los tratamientos con más porcentaje de inclusión (T2 y T3) concentran una mayor proporción de huevos clasificados en tonalidades intensas en las escalas 14 y 15 del Abanico Roche.

Desde un enfoque técnico, este comportamiento sugiere que los pigmentos de la remolacha (*Beta vulgaris*) se absorben y depositan correctamente en la yema. En el caso del tratamiento T3 (6 %), la gráfica muestra una estabilidad continua entre los valores 14 y 15, lo que sugiere que se ha alcanzado un nivel óptimo de coloración y que la cantidad de inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) sí tuvo un efecto sobre la pigmentación de la yema. Para la producción avícola es importante, ya que indica que el uso de remolacha (*Beta vulgaris*) permite obtener un lote de huevos con un color naranja pronunciado y, sobre todo, muy uniforme, contribuyendo a las exigencias de los mercados avícolas.

Es importante destacar que la coloración de la yema constituye uno de los criterios centrales evaluados en el presente proyecto aplicado, dado que representa un indicador ampliamente utilizado para analizar la influencia de la dieta sobre la calidad visual del huevo. En este contexto, la evaluación de la pigmentación permitió examinar el comportamiento de la remolacha (*Beta vulgaris*) como fuente de compuestos pigmentantes naturales dentro de la alimentación de gallinas ponedoras.

El análisis de las trayectorias representadas en las líneas de comportamiento evidencia variaciones en la intensidad cromática de la yema entre los diferentes tratamientos evaluados. A medida que aumenta el porcentaje de inclusión de remolacha en la dieta, se observa una mayor frecuencia de huevos clasificados en valores superiores de la escala del Abanico de Roche, correspondientes a tonalidades de naranja a naranja intenso. Este patrón refleja cambios en la distribución de las categorías de color registradas durante el periodo de evaluación, lo que permite identificar diferencias en la intensidad de pigmentación asociadas a los distintos niveles de suplementación incorporados en la dieta experimental.

Determinación de pH

Tabla 20

Clasificación Según Escala de pH de Clara de Huevo

| pH | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------|----|----|----|----|
| pH 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| pH 4 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| pH 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| pH 6 | 7 | 3 | 4 | 3 |
| pH 7 | 12 | 14 | 12 | 11 |
| pH 8 | 20 | 22 | 18 | 14 |
| pH 9 | 18 | 20 | 19 | 13 |
| pH 10 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| pH 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Nota. La tabla agrupa la distribución de los niveles de pH registrados en la clara de huevo para cada uno de los tratamientos analizados.

Tabla 21

Clasificación Según Escala de pH de Yema de Huevo

| pH | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------|----|----|----|----|
| pH 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 3 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| pH 4 | 2 | 6 | 3 | 4 |
| pH 5 | 6 | 6 | 4 | 8 |
| pH 6 | 11 | 18 | 14 | 16 |
| pH 7 | 33 | 30 | 24 | 16 |
| pH 8 | 11 | 6 | 13 | 5 |
| pH 9 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| pH 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Nota. La tabla expone el conteo de unidades para cada nivel de pH detectado en la yema, facilitando la comparación entre el grupo testigo y los grupos suplementados.

En la Tabla 20 se observa la distribución de valores de pH de la clara, mientras que en la Tabla 21 se presentan los resultados correspondientes a la yema de los huevos analizados en los cuatro tratamientos (T0, T1, T2 y T3). Respecto a la clara (Tabla 20), los valores se concentran principalmente en los rangos de pH 7, 8 y 9 en todos los tratamientos, lo cual es característico de huevos que han perdido frescura inicial clasificados como semi-frescos.

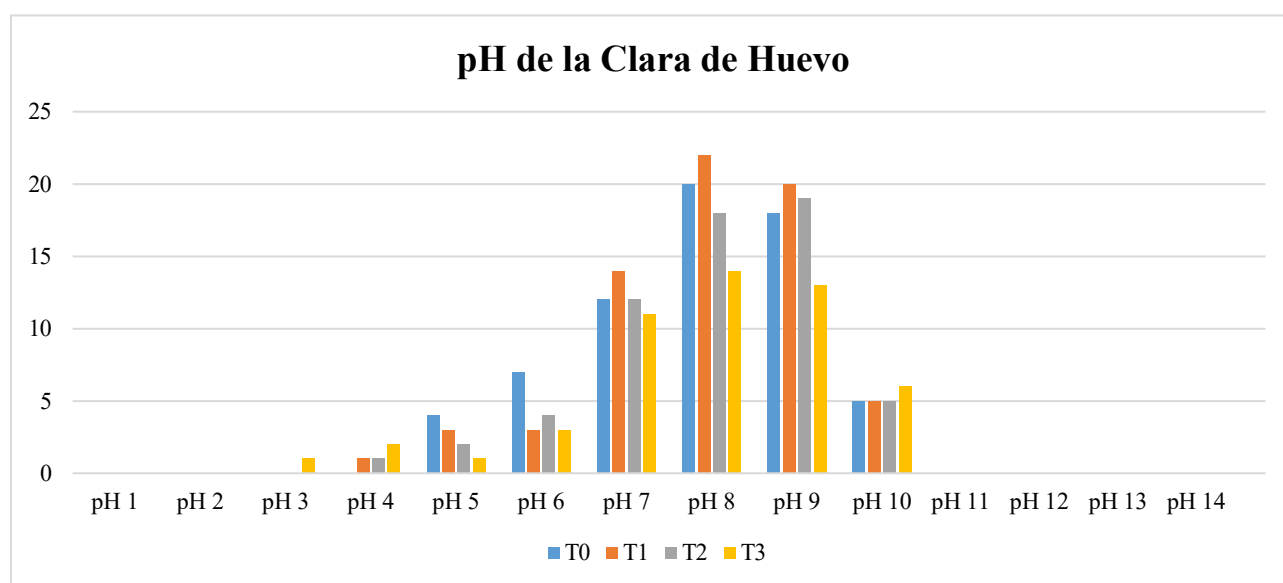
El tratamiento T0 presentó una mayor tendencia hacia pH 8 y 9, indicando una alcalinización moderada. Por su parte, T1 y T2 mostraron un patrón similar, siendo T1 el que registró la mayor acumulación de muestras en el nivel de pH 8 (22 huevos). En el caso de T3, aunque predominan los valores de pH 7 a 9, se observa una mayor dispersión hacia valores más bajos (pH 3, 4 y 5) con un total de 4 muestras en este rango. Esta presencia de valores ácidos no se asocia a patologías en las aves, sino al factor de manejo post-recolección, ya que los huevos fueron recolectados diariamente y almacenados en cubetas de cartón en un área ventilada hasta el día 7 para su análisis conjunto. Este intervalo temporal de almacenamiento, sumada a la selección aleatoria, permite explicar la heterogeneidad y la ligera acidificación en algunas unidades por el intercambio gaseoso normal del huevo en condiciones ambientales.

Continuando con la Tabla 21, la yema de los huevos analizados presentó valores concentrados principalmente en pH 7 en todos los tratamientos. No obstante, se observó una presencia importante de valores en el rango de pH 6, lo cual concuerda con la mayor estabilidad química de la yema frente a la clara. El tratamiento T0 evidencia la mayor estabilidad con una marcada tendencia hacia pH 7 (33 huevos). En contraste, los tratamientos T1 y T3 presentan una distribución más amplia hacia la acidez, con 24 muestras cada uno en los rangos de pH 5 y 6,

superando la dispersión de T0 y T2. Esta tendencia indica que, aunque la yema conserva mayor estabilidad, también refleja los efectos de la frescura variable de los huevos, especialmente en los grupos con mayor dispersión. Los resultados evidencian que la selección aleatoria y la variación en la frescura influyeron directamente en la distribución de los valores, siendo el cambio de pH mucho más drástico y evidente en la clara que en la yema.

Figura 12

Escala de pH para Clara de Huevo



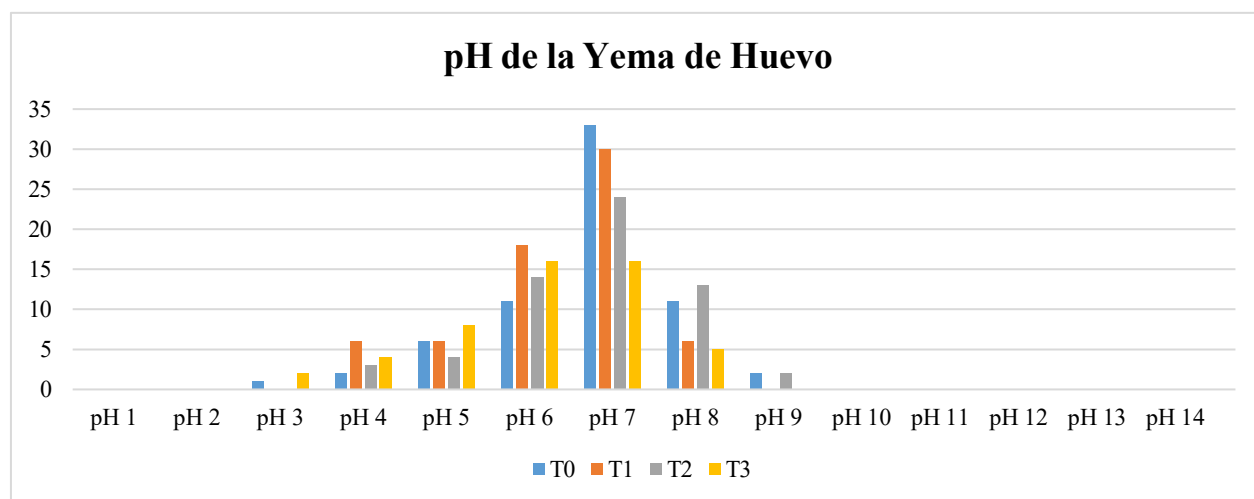
Nota. La figura esquematiza la distribución de las muestras de clara de huevo según su nivel de acidez o alcalinidad, comparando la frecuencia de los valores obtenidos para cada tratamiento experimental.

La gráfica que representa el comportamiento del pH en la clara evidencia que gran parte de los huevos se concentra en rangos de 7 a 9, con mayor frecuencia en los valores 8 y 9. Lo anterior indica que los huevos presentan un pH moderadamente alto (alcalino) en la clara, acorde con la naturaleza de la muestra, aunque con cierta variación atribuible al período de almacenamiento o a la edad de las aves de postura. Los tratamientos T0 y T1 presentan los

valores más altos (mayor frecuencia) en las escalas 8 y 9, mientras que T2 y T3 muestran una mayor presencia en los rangos de pH más bajos (5 y 6), destaca especialmente T3, que es el único tratamiento que registra valores en la Escala 3, manteniendo igualmente una distribución dispersa hacia los valores más altos.

Figura 13

Escala de pH para Yema de Huevo



Nota. La figura expone la concentración de los niveles de pH identificados en las yemas analizadas, permitiendo observar el comportamiento químico de este componente bajo las diferentes dietas suministradas.

En cuanto al pH de la yema, la mayoría de los huevos se concentró en valores de pH 6 y 7, predominando especialmente el pH 7 (rango de tendencia neutra a ligeramente alcalina) en los tratamientos T0 y T1, donde se observa la mayor frecuencia de huevos. Esto indica que la yema mantiene un estado de mayor homogeneidad en dichos tratamientos. Para los tratamientos T2 y T3, aunque también hay presencia en el pH 7, se observa una mayor dispersión hacia rangos inferiores como pH 6. Destaca especialmente el tratamiento T3, donde se evidencia una mayor variedad en los resultados al registrarse valores desde la escala 3. Lo anterior sugiere que ciertos

huevos podrían presentar variaciones en su acidez, posiblemente asociados a la inclusión de remolacha y a diferencias fisiológicas entre las gallinas ponedoras. Los valores muestran que la yema se mantiene dentro de un rango de pH diverso. No obstante, los tratamientos con mayor inclusión de este suplemento parecen generar un ligero incremento en la variabilidad de los datos.

Análisis de la viabilidad técnica y económica del uso de remolacha (*Beta vulgaris*)

La evaluación de la viabilidad técnica y económica de la incorporación de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de gallinas ponedoras de la línea Isa Brown se desarrolló durante un periodo experimental de 84 días (12 semanas). Se comparó un grupo testigo (sin inclusión) con tres tratamientos suplementados al 2%, 4% y 6%, bajo condiciones controladas de consumo y manejo.

Tabla 22

Estructura de Costos de Producción para T0

| Detalle | Cantidad | Unid. Medida | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------|----------|--------------|----------------|---------------|
| Gallinas | 5 | Unidades | \$ 26.000,00 | \$ 130.000,00 |
| Concentrado | 28,00 | Kilogramos | \$ 2.150,00 | \$ 60.200,00 |
| Remolacha | 0 | Kilogramos | \$ - | \$ - |
| Total | | | | \$ 190.200,00 |

Nota. La tabla sistematiza los rubros de inversión requeridos para el grupo testigo, detallando cantidades, unidades de medida y valores unitarios para establecer el costo total de producción.

Tabla 23

Estructura de Costos de Producción para T1

| Detalle | Cantidad | Unid. Medida | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------|----------|--------------|----------------|---------------|
| Gallinas | 5 | Unidades | \$ 26.000,00 | \$ 130.000,00 |
| Concentrado | 28,00 | Kilogramos | \$ 2.150,00 | \$ 60.200,00 |
| Remolacha | 0,560 | Kilogramos | \$ 3,40 | \$ 1,904 |
| Total | | | | \$ 192.104,00 |

Nota. La tabla relaciona los costos directos de producción del tratamiento con 2% de inclusión de remolacha, integrando el valor del suplemento vegetal dentro de la estructura financiera del lote.

Tabla 24*Estructura de Costos de Producción para T2*

| Detalle | Cantidad | Unid. Medida | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------|----------|--------------|----------------|---------------|
| Gallinas | 5 | Unidades | \$ 26.000,00 | \$ 130.000,00 |
| Concentrado | 28,00 | Kilogramos | \$ 2.150,00 | \$ 60.200,00 |
| Remolacha | 1,120 | Kilogramos | \$ 3,40 | \$ 3,808 |
| Total | | | | \$ 194.008,00 |

Nota. La tabla especifica los componentes del gasto productivo para el T2, cuantificando el impacto económico de la inclusión del 4% de remolacha en el presupuesto operativo.

Tabla 25*Estructura de Costos de Producción para T3*

| Detalle | Cantidad | Unid. Medida | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------|----------|--------------|----------------|---------------|
| Gallinas | 4 | Unidades | \$ 26.000,00 | \$ 104.000,00 |
| Concentrado | 22,40 | Kilogramos | \$ 2.150,00 | \$ 48.160,00 |
| Remolacha | 1,344 | Kilogramos | \$ 3,40 | \$ 4,570 |
| Total | | | | \$ 156.730,00 |

Nota. La tabla desglosa la estructura financiera del tratamiento con 6% de remolacha, ajustando los costos de insumos y población final de 4 aves utilizada en esta unidad experimental.

Al evaluar de forma comparativa la inversión realizada en cada tratamiento experimental durante las ocho semanas de estudio, se observa una progresión lógica en los costos operativos relacionada al nivel de inclusión con remolacha (*Beta vulgaris*).

En el caso del grupo testigo (T0), donde no existe dicha variable alimentaria, se observa que la inversión se mantiene en el estándar comercial del alimento concentrado con un costo total de \$190.200. Esto permite que la producción sea rentable, ya que, al proyectar la venta de las cubetas de huevos concentradas principalmente en las categorías A y AA, se cubren los gastos operativos básicos sin requerir inversiones adicionales en insumos naturales. Sin embargo, al incorporar la remolacha en la dieta, el panorama financiero muestra variaciones importantes según el porcentaje utilizado.

En el Tratamiento 1 (T1), que corresponde al 2%, se identifica el escenario más favorable de toda la investigación desde el punto de vista de la rentabilidad. Aunque el costo total ascendió a \$192.104, este incremento fue ampliamente superado por el retorno económico de la postura, este grupo generó el mayor ingreso bruto (\$123.233) al desplazar la producción hacia categorías de mayor valor comercial como el AA. Lo anterior demuestra que, en este nivel, la remolacha (*Beta vulgaris*) no representa un gasto extra, sino una inversión que mejora el ingreso neto por ave.

Por el contrario, al analizar el Tratamiento 2 (T2) con una inclusión del 4%, se empieza a notar un desequilibrio financiero. El costo total se elevó a \$194.008 debido al aumento en el consumo del tubérculo, pero la clasificación comercial de los huevos no fue lo suficientemente alta para solventar dicho gasto, lo que indica que para este nivel de la dieta la producción por sí sola no logra suplir el costo adicional del insumo.

Una situación similar, aunque marcada por la conformación del grupo, ocurre en el Tratamiento 3 (T3) con el 6% de inclusión. Es fundamental precisar que en este último tratamiento el costo total es de \$156.730, cifra que es menor a los demás grupos únicamente porque se trabajó con cuatro aves tras la mortalidad de un ave antes del inicio del estudio (semana 24). Al analizar la viabilidad individual, este resulta ser el tratamiento menos rentable. El alto costo de la inclusión al 6%, sumado a un ingreso menor por la alta presencia de huevos de categoría B en este lote, hace que la inversión en remolacha supere la capacidad de retorno por venta.

Conclusiones

La inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura demostró una excelente aceptabilidad, manteniendo el bienestar animal y niveles de actividad física constantes. El análisis técnico revela que el tratamiento con un 2% de inclusión (T1) fue el más eficiente productivamente. No solo mantuvo una tasa de postura competitiva del 92,36% (similar al grupo testigo), sino que optimizó la conversión alimenticia al registrar 1,83 kg de alimento por kilogramo de huevo producido.

En cuanto al comportamiento productivo, se evidenció que la suplementación influye de manera diferencial según el de inclusión. Mientras los niveles bajos optimizan la conversión, las inclusiones del 4% y 6% permiten explorar la capacidad de la especie para procesar pigmentantes naturales. No obstante, se registró un ajuste en la constancia de la postura y un incremento en el índice de conversión a medida que aumentó la inclusión del tubérculo, definiendo así el límite técnico para mantener el máximo rendimiento de la gallina Isa Brown en esta fase.

Respecto a la calidad externa e interna, la suplementación impactó positivamente la morfología y frescura del producto. El tratamiento T1 destacó al concentrar la mayor cantidad de huevos en la categoría AA (151 unidades) y ser el único grupo capaz de generar unidades en categorías superiores (AAA y JUM), sugiriendo que este nivel de nutrientes favorece una mejor deposición en la formación del huevo. Internamente, el uso de remolacha (*Beta vulgaris*) cruda y rallada aportó betalaínas y carotenoides que mejoraron la consistencia de la yema y mantuvieron el índice de yema (cerca a 0,30) y el pH dentro de rangos óptimos, garantizando un alimento de alta calidad organoléptica.

Finalmente, el análisis de rentabilidad determinó que la incorporación de remolacha (*Beta vulgaris*) es estratégicamente viable únicamente en niveles de inclusión bajos (2%). A este nivel, el costo de la dieta se mantiene equilibrado frente a los rendimientos productivos, permitiendo a los productores ofrecer un producto diferenciado de alta calidad comercial sin comprometer los márgenes de utilidad. Por el contrario, los niveles de inclusión más altos incrementan los costos operativos sin generar un retorno productivo proporcional, lo que confirma que, para asegurar la sostenibilidad financiera del sistema avícola local, la suplementación debe ser moderada y técnicamente dirigida.

Recomendaciones

Se recomienda profundizar en la investigación dentro del campo de la nutrición avícola, con énfasis en el uso de compuestos naturales como carotenoides y betalaínas, dado su impacto favorable en la calidad del huevo y su viabilidad como alternativa sostenible frente a pigmentantes sintéticos. En este sentido, se sugiere a los productores de la provincia de Sugamuxi y zonas con condiciones climáticas similares la implementación de dietas con inclusión de remolacha al 2%. Los promedios generales obtenidos demuestran que este nivel optimiza la conversión alimenticia y favorece la obtención de categorías comerciales superiores (AA, AAA y Jumbo) sin comprometer la rentabilidad del sistema productivo.

Es fundamental que cualquier transición nutricional esté acompañada por un seguimiento riguroso del comportamiento productivo de las aves. Para garantizar la eficiencia basada en los resultados de este estudio, se debe asegurar que el suministro del vegetal sea fresco y rallado, facilitando así su ingesta y minimizando los desperdicios en el comedero. Asimismo, es necesario destacar que, para el análisis de costos y consumos en futuras réplicas, se debe considerar la población efectiva de aves al inicio del experimento. En el caso del tratamiento 3, la muerte de un ejemplar antes de la fase de estudio ajustó el grupo a cuatro aves, factor que influye directamente en el cálculo de los costos acumulados del tratamiento.

Por otra parte, se sugiere establecer convenios estratégicos con las centrales de abasto y productores agrícolas de la provincia de Sugamuxi para el aprovechamiento de la remolacha (*Beta vulgaris*) que no cumple con los estándares estéticos para el mercado de consumo humano directo. La integración de estos excedentes de cosecha como insumo en la dieta avícola permitiría consolidar un modelo de economía circular, reduciendo significativamente los costos

de alimentación para el productor y minimizando el impacto ambiental derivado del desperdicio de materia orgánica en la región.

Finalmente, se debe fortalecer los protocolos de manejo ambiental y bioseguridad para permitir que la línea Isa Brown exprese su máximo potencial genético bajo suplementación natural. Como propuesta para nuevas etapas de investigación, sería de gran valor académico evaluar el procesamiento de la remolacha en harina o presentaciones deshidratadas. Esto permitiría observar si el procesamiento industrial logra una mayor concentración de pigmentos en la yema al eliminar las limitaciones de humedad propias del producto fresco. Todo esto debe enmarcarse en la formación académica continua en Zootecnia, fomentando que las nuevas generaciones de profesionales validen técnica y económicamente el uso de recursos locales para mejorar la calidad nutricional tanto de los animales como del producto final.

Referencias Bibliográficas

- Actualidad Avipecuaria. (2019). *Calidad de huevo: factores que afectan durante el periodo de almacenamiento*. <https://actualidadavipecuaria.com/calidad-del-huevo-factores-que-afectan-durante-el-periodo-de-almacenamiento/>
- Alcaldía de Sogamoso. (2018). *Municipio: Ecología*. <https://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/ecologia>
- Alcaldía de Sogamoso. (2018). *Municipio: Economía*. <https://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/economia>
- Alcaldía de Sogamoso. (2019). *Municipio: Vías de comunicación*. <https://www.sogamoso-boyaca.gov.co/municipio/vias-de-comunicacion>
- Bolsa Mercantil de Colombia. (2024). *Informe del sector avícola colombiano*. https://www.bolsamercantil.com.co/sites/default/files/2024-05/Informe_sector_avicola_final.pdf
- Buitrago, J., & Rojas, M. (2016). *Comparación de dos modelos de producción (pastoreo e intensivo) y su relación en la calidad de huevos y bienestar de gallinas de postura* [Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/319>
- Cabrera Santos, F. (2018). *Incorporación de tres niveles de harina de betarraga en la pigmentación y comportamiento productivo de pollos broiler en Aguaytía* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3813/00000>

- El Productor. (2023). *Qué y cómo se utiliza para realzar el color de la yema de pollo en la avicultura comercial*. <https://elproductor.com/2023/01/que-y-como-se-utiliza-para-realzar-el-color-de-la-yema-de-pollo-en-la-avicultura-industrial/>
- Engormix. (2018). *La ciencia de la calidad del huevo*. Hy-Line International. https://www.engormix.com/avicultura/minerales-avicultura/ciencia-calidad-huevo_a48796/
- Estrada, M., Galeano, L., Herrera, M., & Restrepo, L. (2010). *Efecto de la temperatura y el volteo durante el almacenamiento sobre la calidad del huevo comercial*. Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/98-huevos.pdf
- Federación Española de la Nutrición. (s. f.). *Remolacha: Composición nutricional*. <https://fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/remolacha.pdf>
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (2024). *El tamaño de la avicultura*. Fenaviquín, (410). https://fenavi.org/wp-content/uploads/2024/09/Fenaviquin_ed4102024.pdf
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (2024). *Resultado y expectativa avícola 23-24*. Fenaviquín, (393). https://fenavi.org/wp-content/uploads/2024/01/Fenaviquin_ed3932024.pdf
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (2025). *Colombia alcanza el consumo récord de 365 huevos al año: uno por cada día*. <https://fenavi.org/centro-de-noticias/colombia-alcanza-el-consumo-record-de-365-huevos-al-ano-uno-por-cada-dia/>

- Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (2025). *La avicultura, impulsando el crecimiento del país*. <https://fenavi.org/centro-de-noticias/la-avicultura-impulsando-el-crecimiento-del-pais>
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (2026). *Huevo en producción*. Avicultores, (331), 14. <https://fenavi.org/revista-avicultores/edicion-331-un-ano-llamado-2025-lo-que-fue-lo-que-viene-2a-parte/>
- Gallinas Ponedoras. (2022). *Cómo obtener huevos con mejor sabor de sus gallinas*. <https://www.gallinaponedora.com/obtener-huevos-con-mejor-sabor/>
- Gobernación de Boyacá. (2020). *Plan de desarrollo 2020-2023: Tierra que sigue avanzando*. Gobernación del Departamento de Boyacá. <https://www.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2020/06/pdd2020-2023boy.pdf>
- Google. (2025). *[Mapa de ubicación del sistema de producción avícola en Sogamoso, Boyacá]* [Mapa]. Google Maps. <https://www.google.com/maps>
- Hendrix Genetics BV. (2025). *ISA Brown – La historia de ISA y la ISA Brown hoy*. <https://www.integrazabcice.cz/en/product/isa-brown/>
- Higginson, T. S., & Anderson, J. (2017). *Boletín técnico: Calidad del huevo* [Boletín]. Hy-Line International. <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20EQ%20SPN.pdf>
- Hy-Line International. (2024). *Hy-Line Brown Alternative Management Guide*. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/Brown%20Alt/BRN%20ALT%20STD%20ENG.pdf>
- Hy-Line International. (2024). *Hy-Line Brown Management Guide*. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20STD%20ENG.pdf>

- IDEAM. (2017). *Atlas climatológico de Colombia: Análisis departamentales. Boyacá*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/temas/tiempo-y-clima/documentos/atlas/ATLAS-CLIMATOLOGICO-DE-COLOMBIA.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2011). *Industria alimentaria. Huevos de gallina frescos para consumo (NTC 1240)*. <https://pdfcoffee.com/ntc-1240-huevospdf-2-pdf-free.html>
- Instituto de Selección Animal BV. (2025). *Guía del producto ISA Brown: Alojamiento en jaulas*. https://www.isa-poultry.com/documents/1018/ISA_Brown_CS_product_guide_cage_L1211-1-ES.pdf
- Instituto de Selección Animal BV. (2025). *ISA Brown – Eficiente y rentable: sistema en jaulas*. <https://www.isa-poultry.com/en/product/isa-brown/>
- Instituto de Selección Animal BV. (2025). *ISA Brown en sistemas alternativos – Eficiente y rentable*. <https://www.isa-poultry.com/en/product/isa-brown/isa-brown-alternative-systems/>
- Kidd, M., Ferket, P., & Garlich, J. (1997). *Nutritional and osmoregulatory functions of betaine*. *World's Poultry Science Journal*, 53(2), 125–139. <https://doi.org/10.1079/WPS19970013>
- Meza, A., Vargas, P., Talledo, M., Sandoval, J., & Cuenca, G. (2022). *Efecto de pigmentos aislados de remolacha (Beta vulgaris) y zapallo (Cucurbita máxima) en la elaboración de un botón de cerdo*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 1–15.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/1650/2315>
- Meza, M., Hinojosa, F., & Lobo, R. (2018). *Uso de pigmentantes naturales para la coloración de la yema de huevo y evaluación de parámetros productivos en aves de postura*. *AnZoo*

- Revista de Producción Animal, 1(1), 28–40.
<https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/28/19>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2008). *Remolacha (Beta vulgaris)*.
https://www.mapa.gob.es/ca/ministerio/servicios/informacion/remolacha_tcm34-102708.pdf
- Monzón, A., Fernández, M., Quispe, M., Mollericona, M., & Gutiérrez, M. (2023). *Adición de remolacha (Beta vulgaris var. early wonder tall top) como pigmento natural en la dieta de truchas (Oncorhynchus mykiss), estación experimental de Choquenaira*. Revista Estudiantil AGRO-VET, 2(1), 1–12.
<https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/141>
- Periago Castón, M. J. (s. f.). *Higiene, inspección y control de huevos de consumo*. Universidad de Murcia. <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf>
- Periago, M. J. (2011). *Protocolos control de calidad: Higiene, inspección y control alimentario: Huevos de consumo*. Universidad de Murcia.
<https://www.um.es/documents/4874468/10812050/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf>
- Sandoval, P. (1966). *Efecto de los carotenoides sobre la pigmentación de la yema del huevo y la productividad de las aves* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3084/>
- Solla S.A. (2015). *Manual de manejo ponedoras para huevo comercial. Nutrición Animal*.
https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual%20De%20Manejo%20Ponedoras%20Para%20Huevo%20Comercial_0.pdf

Sponsored Content. (2021, 5 de noviembre). *Betaina natural: una ayuda nutricional durante el estrés térmico*. All About Feed ES; Misset Uitgeverij BV.

<https://es.allaboutfeed.net/betaina-natural-una-ayuda-nutricional-durante-el-estres-termico/>

Tamayo, L. M. A., Cartagena, C. J., & Londoño, J. (2011). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas*.

Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, 9(1), 1–10.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4330049>

Vergara, R. (2024). *Habilidades gerenciales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/63571/rvergarac%201.pdf?sequence=3>

WingChing-Jones, R., Zamora-Sanabria, R., & Chavarría-Zamora, S. (2023). *Calidad de huevo y comportamiento productivo de gallinas ponedoras ISA Brown con acceso a pastoreo*.

Agronomía Mesoamericana, 34(2), Artículo 51511.

<https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51511>

Apéndices

Apéndice A

Encuesta con consentimiento de los consumidores de los huevos producidos durante el tratamiento

Formularios recientes

Efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura, en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

En la ciudad de Sogamoso, Boyacá se ha venido desarrollando un proyecto aplicado para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), dónde se ha buscado mejorar la pigmentación y sabor de la yema del huevo de gallinas ponedoras con la suplementación de remolacha (*Beta vulgaris*).

La presente encuesta está dirigida a los consumidores del producto (huevo) comercializado durante cierto periodo de tiempo, en busca de conocer la aceptación de este alimento proteico.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombres y Apellidos *

Tu respuesta

Número de teléfono de contacto *

Tu respuesta

Efecto de la inclusión de r...

Abierto 23:58

Efecto de la inclusión de remolacha (*Beta vulgaris*) en la dieta de aves de postura, en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

En la ciudad de Sogamoso, Boyacá se ha venido desarrollando un proyecto aplicado para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), dónde se ha buscado mejorar la pigmentación y sabor de la yema del huevo de gallinas ponedoras con la suplementación de remolacha (*Beta vulgaris*).

La presente encuesta está dirigida a los consumidores del producto (huevo) comercializado durante cierto periodo de tiempo, en busca de conocer la aceptación de este alimento proteico.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombres y Apellidos *

Tu respuesta

Número de teléfono de contacto *

Tu respuesta

Lugar de residencia *

Tu respuesta

1. ¿Ha observado una coloración diferente en la yema del huevo consumido? *

Normal

Media

Intensa

2. ¿Observa alguna característica en el huevo distinta al que generalmente se comercializa? ¿Cual? *

Tu respuesta

3. Según la preparación del huevo ¿ha notado un sabor distinto? *

Si

No

4. Si su respuesta anterior fue SI, como describiría el sabor del huevo consumido en comparación con el que se comercializa generalmente?

Tu respuesta

5. ¿Recomendaría la compra del huevo de gallinas alimentadas con remolacha? *

Si

No

6. ¿Se encuentra conforme con el producto (huevo) adquirido? *

Si

No

Enviar

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Nota. El formato muestra el modelo de encuesta digital aplicado para evaluar la percepción sensorial y la aceptación del producto final por parte de los habitantes de Sogamoso.

Apéndice B

Instalaciones y materiales del sistema productivo



Nota. Registro fotográfico del alojamiento de las aves y los tipos de bebederos y comederos utilizados durante la fase experimental en el galpón.

Apéndice C

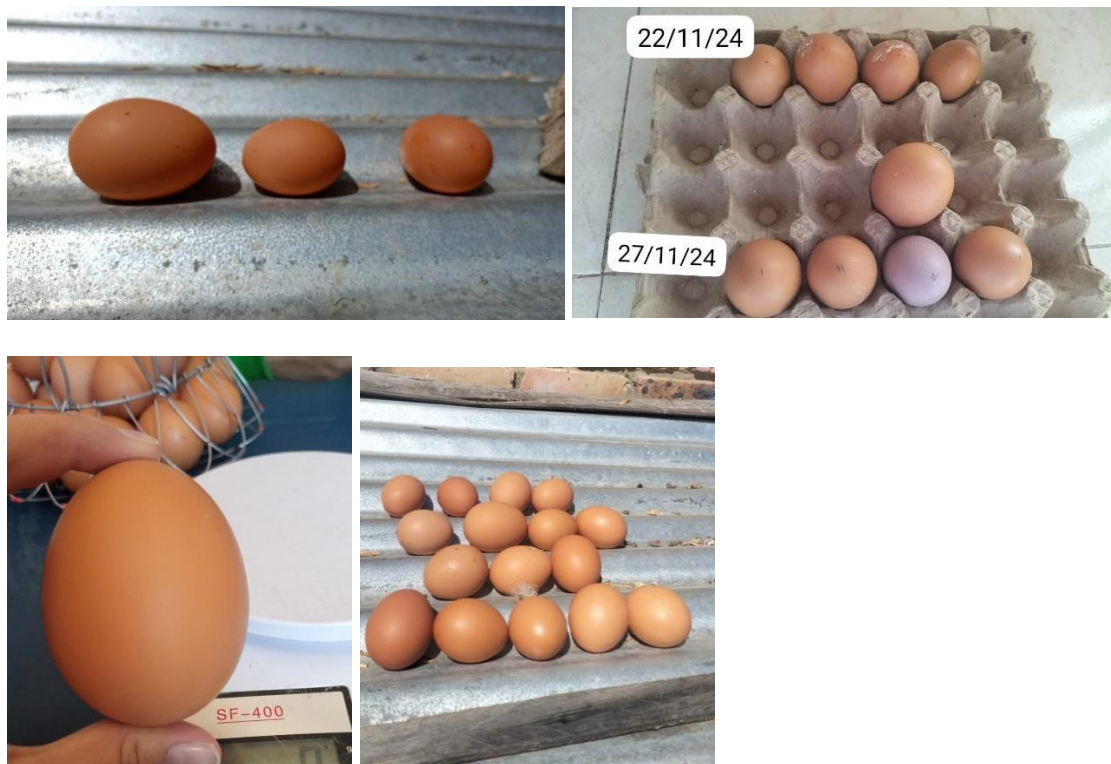
Alimentación de aves de postura: alimento balanceado, remolacha (Beta vulgaris) y suplementos (vitaminas y ajo)



Nota. Insumos utilizados en la dieta: concentrado comercial, remolacha (Beta vulgaris), ajo y suplementos vitamínicos administrados para el desarrollo óptimo de las aves.

Apéndice D

Selección de huevos para evaluación de parámetros

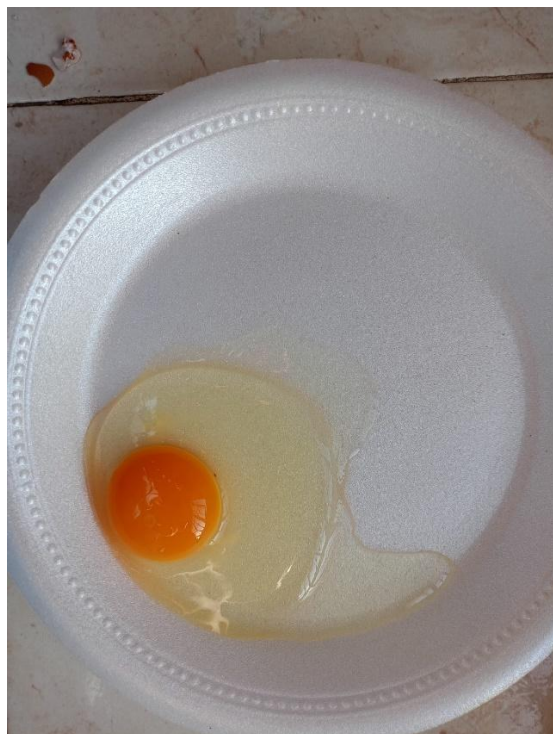


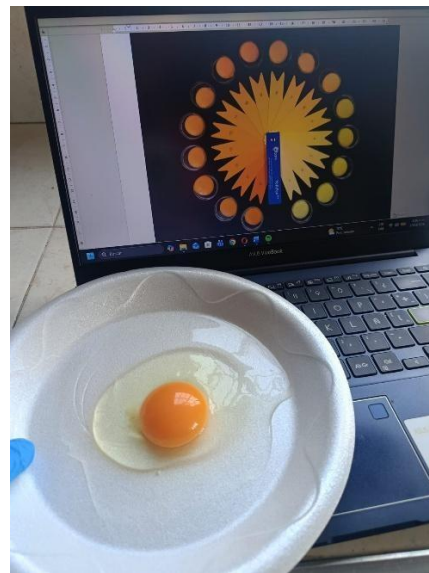
Nota. Proceso de recolección y clasificación diaria de los huevos según su tamaño y calidad externa para el posterior análisis de datos.

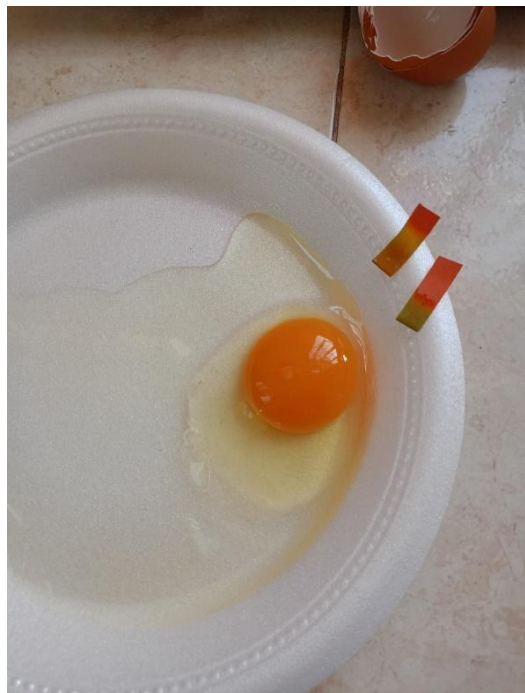
Apéndice E

Evaluación de parámetros externos e internos del huevo









Nota. Procedimientos de laboratorio para la medición de peso, color de cascara, índices morfológicos, color de la yema, pH; mediante el uso de gramera, pie de rey y cintas indicadoras de pH.

Apéndice F

*Limpieza de corrales, desinfección de utensilios y fumigación contra ácaro rojo (*Dermanyssus gallinae*)*



Nota. Aplicación de protocolos de bioseguridad mediante el uso de creolina y productos antiparasitarios para el control del ácaro rojo (*Dermanyssus gallinae*).

Apéndice G

Reporte de muerte de gallina ponedora 21 de octubre de 2024



Nota. Evidencia fotográfica de la necropsia realizada tras la muerte de un ave, identificando posibles causas fisiológicas durante el tratamiento.

Apéndice H

Toma de datos en registros mediante el uso de software Excel

Registros del proyecto 1 (2) (1) - Excel

Efecto de la inclusión de remolacha (Beta vulgaris) en la dieta de aves de postura de raza Isa Brown, en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

| Fecha | Suministro de concentrado gr | Suministro de remolacha gr | | | | Cantidad de Huevos Unidades | Peso Total de los huevos gr |
|----------|------------------------------|----------------------------|-----|----|------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | G1 | G2 | G3 | G4 | | |
| 21/08/24 | 10,500 | 0 | 7.5 | 15 | 29.5 | 0 | 0 |
| 28/08/24 | 11,200 | 0 | 8 | 16 | 24 | 0 | 0 |
| 4/09/24 | 11,900 | 0 | 8.5 | 17 | 25.5 | 0 | 0 |
| 11/09/24 | 13,300 | 0 | 9.5 | 19 | 26.3 | 0 | 0 |
| 18/09/24 | 14,000 | 0 | 10 | 20 | 30 | 12 | 457 |
| 25/09/24 | 14,000 | 0 | 10 | 20 | 30 | 15 | 745 |
| 2/10/24 | 14,000 | 0 | 10 | 20 | 30 | 17 | 836 |
| 9/10/24 | 14,000 | 0 | 10 | 20 | 30 | 19 | 1029 |
| 16/10/24 | 14,000 | 0 | 10 | 20 | 30 | 19 | 1026 |
| 23/10/24 | 14,000 | 0 | 10 | 20 | 24 | 17 | 867 |
| 30/10/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 16 | 1059 |
| 6/11/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 16 | 1068 |
| 13/11/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 16 | 804 |
| 20/11/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 14 | 812 |
| 27/11/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 14 | 844 |
| 4/12/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 16 | 849 |
| 11/12/24 | 13,300 | 0 | 10 | 20 | 24 | 16 | 1009 |

Peso promedio del huevo gr

consumo de alimento de 21-28 agosto

Consumo-Producción | **Caract. Externas** | **Caract. Internas** | Tablas tesis | CLASIFICACIÓN | Peso huevos-día | Parámetros productivos

Registros del proyecto 1 (2) (1) - Excel

Efecto de la inclusión de remolacha (Beta vulgaris) en la dieta de aves de postura de raza Isa Brown, en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

| Fecha | N° de huevo | Peso | Clasif | Color | Longitud | Ancho | Ind Morfológico | Ind Morfológico | Observaciones |
|--------|-------------|------|--------|-------|----------|-------|-----------------|-----------------|---|
| | | | | | | | | | |
| 23-oct | 1 | 57 | A | 100 | 50 | 41 | 121.95 | 121.95 | puntos rojos, rojos |
| | 2 | 58 | A | 90 | 54 | 41 | 131.71 | 131.71 | liso, normal |
| | 3 | 59 | A | 90 | 50 | 37 | 140.54 | 140.54 | puntos y puntos rojos, alargado |
| | 4 | 67 | AAA | 90 | 55 | 42 | 130.95 | 130.95 | poros y puntos rojos |
| 30-oct | 1 | 58 | A | 90 | 53 | 40 | 132.5 | 132.5 | Lisa, porosa |
| | 2 | 58 | A | 90 | 59 | 38 | 155.25 | 155.25 | estrada, alargado |
| | 3 | 69 | AAA | 100 | 53 | 45 | 117.78 | 117.78 | redondo, poroso |
| | 4 | 69 | B | 90 | 44 | 39 | 132.82 | 132.82 | puntos rojos |
| 8-nov | 1 | 60 | AA | 100 | 52 | 42 | 123.81 | 123.81 | puntos, rojo, liso |
| | 2 | 57 | A | 80 | 52 | 41 | 126.83 | 126.83 | puntos alargos rojos, cascara |
| | 3 | 58 | A | 80 | 53 | 41 | 129.27 | 129.27 | palida |
| | 4 | 61 | AA | 90 | 47 | 44 | 129.55 | 129.55 | cascara conguada, palida |
| 13-nov | 1 | 65 | AA | 90 | 53 | 43 | 125.25 | 125.25 | puntos rojos, lisa |
| | 2 | 60 | AA | 90 | 51 | 42 | 121.43 | 121.43 | liso, pequeños poros |
| | 3 | 54 | A | 80 | 50 | 40 | 125 | 125 | puntos rojos, lisa |
| | 4 | 63 | AA | 90 | 58 | 45 | 128.89 | 128.89 | lisa, punto anaranjado, palido |
| 20-nov | 1 | 53 | A | 90 | 50 | 40 | 125 | 125 | poros pronunciados, palido |
| | 2 | 62 | B | 100 | 52 | 40 | 130 | 130 | Cascara con poros |
| | 3 | 70 | AAA | 100 | 55 | 45 | 122.2 | 122.2 | Cascara con poros |
| | 4 | 60 | A | 90 | 51 | 40 | 127.5 | 127.5 | Cascara normal |
| 25-nov | 3 | 101 | JUMBO | 90 | 61 | 49 | 138.9 | 138.9 | Cascara normal |
| | 4 | 65 | A | 90 | 51 | 40 | 127.5 | 127.5 | Normalidad en tamaño y peso, cascara normal |
| 27-nov | 1 | 65 | AA | 100 | 52 | 44 | 118.2 | 118.2 | Puntos en cascara |
| | 2 | 60 | AA | 100 | 53 | 41 | 129.3 | 129.3 | Palido en cascara |
| | 3 | 54 | A | 80 | 51 | 40 | 127.5 | 127.5 | Capa blanca anormal |
| | 4 | 64 | AA | 100 | 52 | 42 | 123.8 | 123.8 | Normal |
| 4-dic | 1 | 62 | AA | 90 | 51 | 43 | 118.8 | 118.8 | liso, normal, liso, poros |

Consumo-Producción | **Caract. Externas** | **Caract. Internas** | Tablas tesis | CLASIFICACIÓN | Peso huevos-día | Parámetros productivos

Registros del proyecto 1 (2) (1) - Excel

Efecto de la inclusión de remolacha (Beta vulgaris) en la dieta de aves de postura de raza Isa Brown, en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

| Fecha | N° de huevo | Cámara interna | Clasif | Forma yema | Verificado en organoléptica | Color yema | Clasif (1-15) Abanico de roche | Índice de yema (altura diámetro) | |
|--------|-------------|----------------|------------|-------------|-----------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------------|----------|
| | | | | | | | | Altura (mm) | Diámetro |
| 23-oct | 1 | fresco | esteroidal | Olor fresco | naranja | 14 | 11 | 37 | |
| | 2 | fresco | esteroidal | Olor fresco | naranja | 14 | 10 | 37 | |
| | 3 | fresco | esteroidal | Olor fresco | naranja | 15 | 12 | 38 | |
| | 4 | fresco | aplastada | Olor fresco | naranja | 15 | 10 | 35 | |
| 30-oct | 1 | fresco | esteroidal | Olor fresco | naranja | 13 | 11 | 35 | |
| | 2 | fresco | aplastada | Olor fresco | naranja | 13 | 12 | 40 | |
| | 3 | fresco | aplastada | Olor fresco | naranja | 14 | 14 | 36 | |
| | 4 | fresco | esteroidal | Olor fresco | naranja | 15 | 11 | 31 | |

| Conversión | pH | Clasificación | Gras. cáscar |
|------------|----|---------------|--------------|
| 0.30 | 5 | 5 | |
| 0.27 | 5 | 4 | |
| 0.32 | 5 | 4 | |
| 0.29 | 5 | 4 | |
| 0.31 | 5 | 4 | |
| 0.30 | 5 | 3 | |
| 0.39 | 6 | 3 | |
| 0.35 | 3 | 3 | |

Consumo-Producción | **Caract. Externas** | **Caract. Internas** | Tablas tesis | CLASIFICACIÓN | Peso huevos-día | Parámetros productivos

Registros del proyecto 1 (2) (1) - Excel

| Edad en semanas | Peso | | | | Clasificación | | | |
|-----------------|------|----|----|----|---------------|----|-------|-----|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 |
| 25 | 57 | 58 | 52 | 67 | A | A | A | AAA |
| 26 | 58 | 58 | 69 | 49 | A | A | AAA | B |
| 27 | 60 | 57 | 58 | 61 | A | A | A | AA |
| 28 | 65 | 60 | 54 | 63 | AA | AA | A | AA |
| 29 | 53 | 52 | 70 | 56 | A | B | AAA | A |
| 30 | 65 | 60 | 54 | 64 | AA | AA | A | AA |
| 31 | 62 | 52 | 68 | 55 | AA | B | AAA | A |
| 32 | 61 | 56 | 94 | 70 | AA | A | JUMBO | AAA |
| TOTAL | 60 | 57 | 65 | 61 | AA | A | AA | AA |

| Edad en semanas | Longitud | | | | Ancho | | | |
|-----------------|----------|----|----|----|-------|----|----|----|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 |
| 26 | 50 | 54 | 52 | 55 | 41 | 41 | 37 | 42 |
| 26 | 53 | 59 | 53 | 44 | 40 | 38 | 45 | 39 |
| 27 | 52 | 52 | 53 | 57 | 42 | 41 | 41 | 44 |
| 28 | 53 | 51 | 50 | 58 | 44 | 43 | 42 | 40 |
| 29 | 50 | 52 | 55 | 51 | 40 | 40 | 45 | 40 |
| 30 | 52 | 53 | 51 | 52 | 44 | 41 | 40 | 42 |
| 31 | 51 | 48 | 54 | 50 | 43 | 39 | 43 | 40 |
| 32 | 54 | 52 | 62 | 56 | 41 | 40 | 48 | 44 |

| Indice Morfológico | 100 | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|----|
| | T0 | T1 | T2 | T3 |
| 122 | 132 | 141 | 131 | |
| 139 | 155 | 118 | 113 | |
| 124 | 127 | 129 | 130 | |

SEMANA 4

| SEMANA 7 | | SEMANA 8 | | SEMANA 9 | | SEMANA 10 | |
|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| Día 1 | Fecha | Día 1 | Fecha | Día 1 | Fecha | Día 1 | Fecha |
| No. Huevos | 10 11 12 13 | No. Huevos | 10 11 12 13 | No. Huevos | 10 11 12 13 | No. Huevos | 10 11 12 13 |
| Total Huevos | 4 5 4 3 | Total Huevos | 4 5 4 3 | Total Huevos | 4 5 4 3 | Total Huevos | 4 5 4 3 |
| Peso total | 287 303 276 250 | Peso total | 287 303 276 250 | Peso total | 287 303 276 250 | Peso total | 287 303 276 250 |
| Promedio | 56.8 58.3 54 756.333333 | Promedio | 56.8 58.3 54 756.333333 | Promedio | 56.8 58.3 54 756.333333 | Promedio | 56.8 58.3 54 756.333333 |

PRODUCCIÓN DE HUEVOS

| T0 | | | | | | T0 | | |
|----------------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|---------------|--------|-----------------|---------------|
| Semana | No. de Gallinas | Total Huevos | Huevos Promedio/día | Peso total huevos | Peso promedio | Semana | No. de Gallinas | Peso promedio |
| 25 | 5 | 33 | 4.71 | 1858 | 56.60 | 25 | 5 | 60.31 |
| 26 | 5 | 30 | 4.29 | 1724 | 57.47 | 26 | 5 | 60.06 |
| 27 | 5 | 32 | 4.57 | 1830 | 57.19 | 27 | 5 | 59.60 |
| 28 | 5 | 34 | 4.86 | 1929 | 56.74 | 28 | 5 | 59.19 |
| 29 | 5 | 32 | 4.57 | 1893 | 59.16 | 29 | 5 | 59.77 |
| 30 | 5 | 35 | 5.00 | 2092 | 59.77 | 30 | 5 | 60.29 |
| 31 | 5 | 31 | 4.43 | 1823 | 58.81 | 31 | 5 | 59.93 |
| 32 | 5 | 33 | 4.71 | 1972 | 59.76 | 32 | 5 | 59.82 |
| promedio total | | | | | | 4.64 | | 61.13 |

| T1 | | | | | | T1 | | |
|----------------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|---------------|--------|-----------------|---------------|
| Semana | No. de Gallinas | Total Huevos | Huevos Promedio/día | Peso total huevos | Peso promedio | Semana | No. de Gallinas | Peso promedio |
| 25 | 5 | 32 | 4.57 | 1930 | 60.31 | 25 | 5 | 60.31 |
| 26 | 5 | 34 | 4.86 | 2042 | 60.06 | 26 | 5 | 60.06 |
| 27 | 5 | 35 | 5.00 | 2086 | 59.60 | 27 | 5 | 59.60 |
| 28 | 5 | 32 | 4.57 | 1894 | 59.19 | 28 | 5 | 59.19 |
| 29 | 5 | 31 | 4.43 | 1869 | 60.29 | 29 | 5 | 60.29 |
| 30 | 5 | 30 | 4.29 | 1798 | 59.93 | 30 | 5 | 59.93 |
| 31 | 5 | 34 | 4.86 | 2034 | 59.82 | 31 | 5 | 59.82 |
| 32 | 5 | 32 | 4.57 | 1956 | 61.13 | 32 | 5 | 61.13 |
| promedio total | | | | | | 4.64 | | 61.13 |

Nota. Hojas de cálculo empleadas para registrar el consumo de alimento, producción diaria y la evolución de los parámetros productivos analizados.