

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA, AGRONEGOCIOS
Y BIOTECNOLOGÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE HUEVO DE
GALLINAS ALIMENTADAS CON HARINA DE MARIGOLD
(*Tagetes erecta*) Y HARINA DE ALFALFA (*Medicago sativa*)**

**Autor: Bach. Maximo Tomanguilla Llanos
Asesor: Dr. Segundo José Zamora Huamán**

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios,
por brindarme la vida, por darme salud, por
darme su fortaleza y estar en los momentos
más difíciles en mi vida.

A mis padres Eulogio Tomanguilla,
Alejandrina Llanos, por ser un ejemplo de
vida, por su cariño, por sus consejos y por
el amor incondicional que me brindan.

A mis 4 hermanos: José, Oscar, Arnol y
Henri, a ustedes por estar siempre a mi lado,
por sus consejos, respeto que me brindan y
por confiar siempre en mí.

A mis hijos Edrick y Nayla, por ser el motor
que me impulsa a seguir adelante, a mi
pareja de vida Claris por estar a mi lado en
las buenas y en las malas, apoyándome
incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por nunca abandonarme, por guiarme por el buen camino y el cual ilumina mis momentos más oscuros.

A mi alma mater “Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza”, a la “Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agronegocios y Biotecnología”, a la Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista, a la plana docente al personal administrativo, darles gracias por su enseñanza y su paciencia.

A mi asesor; Dr. Segundo José Zamora Huamán, en especial, por haber aceptado asesorarme en esta tesis, por su voluntad, vocación de servicio, por sus orientaciones y por brindarme la oportunidad de ejecutar este proyecto en el Módulo de Investigación en Aves de la Estación Experimental de Chachapoyas.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
RECTOR

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. HÉCTOR VLADIMIR VÁSQUEZ PEREZ
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA,
AGRONEGOCIOS Y BIOTECNOLOGÍA**

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Parámetros productivos y calidad de huevo de gallinas alimentadas con harina de marigold (Tagetes erecta) y harina de alfalfa (Medicago sativa); del egresado Maximo Temanguilla Llanos de la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agonegocios y Biotecnología Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 14 de Marzo de 2024

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. Segundo José Zamora Huamán
DNI 40524242

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS


Dra. YOANY DIANA LEIVA VILLANUEVA
PRESIDENTE


Dr. MILTON JAILER TRIGOSO YALTA
SECRETARIO


M.S.c. CESAR AUGUSTO MARAVÍ CARMEN
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Parámetros productivos y calidad de huevo de gallinas alimentadas
con harina de Maizgalt (Tegates orosa) y harina de Alforja (Medicago Sativa)
presentada por el estudiante ()/egresado (x) Maximo Tomangulla Llanos
de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista
con correo electrónico institucional 081030a111@untrm.edu.pe
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 24 de Setiembre del 2024

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE DE TURNITIN

PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE HUEVO DE GALLINAS
ALIMENTADAS CON HARINA DE MARIGOLD (*Tagetes erecta*) Y HARINA DE ALFALFA
(*Medicago sativa*)

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	actualidadavipecuaria.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
9	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	1%

YONNY DURAN OSORIO VILLALBA
[Handwritten signature]
1112192

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL PROMOCIONADO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHELLE, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 16 de Octubre del año 2024, siendo las 10:00 AM horas, el aspirante: Maximo Tomanguilla Llanos, asesorado por Dr. Segundo José Zamora Huaman defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: "PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE HUEVO DE GALINAS ALIMENTADAS CON HARINA DE MARIGOLD (Tagetes erecta) Y HARINA DE ALFAIFA (Medicago sativa)", para obtener el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dra. Yenny Diana Leiva Villanueva

Secretario: Dr. Milton Jailer Trigos Falta

Vocal: M.Sc. César Augusto Maraví Cornejo



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:00 AM horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	vii
REPORTE DE TURNITIN	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Lugar de ejecución	19
2.2. Instalaciones y equipos	19
2.3. Animales experimentales	19
2.4. Variables de estudio	20
2.5. Dietas experimentales	20
2.6. Evaluación de variables productivas	23
2.7. Evaluación de calidad de huevo	24
2.8. Evaluación económica	24
2.9. Análisis estadístico de datos	24
III. RESULTADOS	25
3.1. Evaluación de variables productivas	25
3.1.1. Peso de huevo	25
3.1.2. Peso de las gallinas	26
3.1.3. Consumo de alimento	27
3.1.4. Producción de huevos	28
3.1.5. Conversión alimenticia	29
3.2. Evaluación de calidad de huevo	30
3.2.1. Color de la yema de huevo	30
3.2.2. Grosor de cáscara	32

3.3. Evaluación económica	33
3.3.1. Beneficio-costo	33
IV. DISCUSIONES.....	35
4.1. Evaluación del comportamiento productivo	35
4.2. Evaluación de la calidad de huevo	36
4.3. Evaluación económica	37
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. RECOMENDACIONES.....	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dietas experimentales	21
Tabla 2. Composición nutricional de las dietas experimentales, según tratamiento en 100 kg.	22
Tabla 3. Valor nutricional de las dietas experimentales, según tratamiento.....	22
Tabla 4. Peso de huevos bajo diferentes dietas en un periodo de 10 semanas.	25
Tabla 5. Peso de las gallinas bajo diferentes dietas en un periodo de 10 semanas.	26
Tabla 6. Consumo de alimento bajo diferentes dietas a lo largo de 10 semanas.	27
Tabla 7. Producción de huevos bajo diferentes dietas a lo largo de 10 semanas.....	28
Tabla 8. Conversión alimenticia bajo diferentes dietas a lo largo de 10 semanas.....	29
Tabla 9. Evaluación del color de la yema utilizando el abanico de color.....	30
Tabla 10. Medición del color de la yema de huevo con el uso de colorímetro.	31
Tabla 11. Grosor de la cáscara de huevo bajo diferentes dietas.	33
Tabla 12. Análisis económico de producción de huevos de gallina bajo diferentes tratamientos dietéticos.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del experimento.	19
Figura 2. Peso promedio de huevos bajo diferentes dietas durante 10 semanas.....	25
Figura 3. Peso promedio de las gallinas bajo diferentes dietas durante 10 semanas.	26
Figura 4. Consumo promedio de alimento en diferentes dietas durante 10 semanas.....	27
Figura 5. Producción promedio de huevos bajo diferentes dietas durante 10 semanas.	28
Figura 6. Conversión alimenticia bajo diferentes dietas durante 10 semanas.....	29
Figura 7. Variación del color de la yema en función del tratamiento dietético.	30
Figura 8. Valores de color de la yema de huevo.	32
Figura 9. Variación del grosor de la cáscara en función de las dietas administradas.	33

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo de evaluar fuentes de pigmentantes como productos comerciales (Novafill 20 y Xamacol 20), harina de alfalfa (10%) en los parámetros productivos, calidad de huevo y análisis beneficio costo en gallinas ponedoras. Se usaron 120 aves con pesos promedio de 1700 ± 145 g en edades de 25 semanas de vida por un periodo de 8 semanas, empleando un diseño completamente al azar en 5 tratamientos: T0 (10% de harina de alfalfa), T1 (Sin Alfalfa, ni pigmentante), T2 (0.1% Pigmentante Novafill 20), T3 (0.1% Pigmentante Xamacol 20), T4 (0.1% Pigmentante Novafill 20+Xamacol 20). Los resultados obtenidos muestran que la suplementación de dietas con harina de alfalfa y pigmentantes provenientes de marigold (*Tagetes erecta*) saponificado no afectó los índices productivos de huevo en gallinas ponedoras. Sin embargo, su adición provocó un incremento en la coloración de yema en todos los tratamientos, con coloraciones aceptables de yema para el mercado local. La adición de harina de alfalfa (10%) mejoró económicamente a los otros tratamientos en costos, con mayor margen de ganancia de 7.9% comparado con el tratamiento control.

Palabras clave: Novafill, Xamacol, Pigmentante

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate sources of pigments such as commercial products (Novafill 40 and Xamacol 40), alfalfa meal (10%) on performance, egg quality and cost-benefit analysis in laying hens. 120 laying hens with average weights of 1700 ± 145 g (25 weeks of age) were used for a period of 8 weeks, using a completely randomized design in 5 treatments: T0 (10% alfalfa meal), T1 (No Alfalfa, nor pigment), T2 (0.1% Pigmentant Novafill 20), T3 (0.1% Pigmentant Xamacol 20), T4 (0.1% Pigmentant Novafill 20+Xamacol 20). The results obtained show that supplementation of diets with alfalfa meal and of pigments from saponified marigold (*Tagetes erecta*) did not affect performance or egg in laying hens. However, its addition caused an increase in yolk color in all treatments, with acceptable yolk color for local market. The addition of alfalfa meal (10%) economically was better in economics than the other treatments, greater profit margin of 7.9% compared to the control treatment.

Keywords: Novafill, Xamacol, Pigmentant

I. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo de la población humana y del nivel de vida en el Perú ha provocado una mayor demanda de recursos alimentarios convencionales, particularmente de recursos proteicos como la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*) y los huevos (Izarra Casavilca & Zuñiga Matamoros, 2019). En ese sentido, la industria avícola ha realizado avances en tecnología y procesamiento de insumos teniendo en cuenta sus beneficios para la especie.

En la producción avícola, la soya (*Glycine max*) juega un rol importante porque es la principal fuente de aminoácidos y proteínas en la dieta de aves de corral (De Borja Reis et al., 2020; Ibáñez et al., 2020). Sin embargo, el uso de la soya es controversial debido a sus efectos ambientales adversos relacionados con su cultivo, que incluyen deforestación, emisiones de gases de efecto invernadero y un alto consumo de agua (Gold et al., 2020). Situación actual que motiva la búsqueda de alternativas a la harina de soja en la dieta de las aves a fin de que sean económicas y sostenibles.

En ese sentido, la harina alfalfa (*Medicago sativa* L.) es un alimento moderadamente rico en proteínas, altamente digestible, bien equilibrada en aminoácidos y una rica fuente de minerales y vitaminas (Tufarelli et al., 2018; Zheng et al., 2018; Dhakal et al., 2020). Debido a su alto contenido de proteínas, celulosa y betacaroteno. La harina de alfalfa es un alimento ideal para rumiantes; sin embargo, su alto contenido de celulosa y su bajo contenido de energía son dos factores importantes que limitan su uso en aves (Tucak et al., 2020; Yang et al., 2021). Contiene entre un 17.5% y un 20.0% de proteína cruda, según la variedad y el momento de cosecha (Acharya et al., 2020).

Aunque los factores anti nutricionales restringen el uso de harina de alfalfa en las dietas de ponedoras, se ha reportado la existencia de algunos beneficios relacionados con el alto contenido de saponina (2–3%) y el contenido de celulosa cruda (20–25%) ya que reducen el contenido de colesterol en los huevos (Ali Esmail Al-Snafi et al., 2021). Estas pequeñas ventajas abren una brecha para el uso de la harina de alfalfa como insumo alimentario para aves. Por ejemplo, Varzaru et al. (2020) propusieron que en las dietas de gallinas ponedoras, la harina de alfalfa (sustituto parcial de la harina de soya) baja en fibra puede mejorar la calidad de la yema de huevo sin afectar los rasgos productivos.

En el mercado, el consumidor de pollo y huevo relaciona el color de los alimentos con su calidad, frescura, sabor y valor nutritivo, por lo que, en la industria de la alimentación

animal actual, la suplementación con carotenoides en la dieta diaria de pollos de engorde y gallinas de postura es una práctica importante (Demmig-Adams et al., 2020). Además, las aves criadas en el campo o en pequeñas granjas se alimentan de pastos y granos, las cuales brindan características cualitativas de coloración en la piel (tonalidad amarilla brillante) y yema (tono amarillo naranja), que se asocia con lo natural y saludable (Panaite et al., 2019; Olaya, 2022).

En la naturaleza, el grupo de pigmentos más extendido son los carotenoides. Los carotenos (hidrocarburos) y las xantofilas (oxi carotenoides) son sus representaciones, pero sólo los últimos tienen capacidad colorante en las aves de corral (Azhar et al., 2023). Las aves absorben carotenoides de la dieta (Hansen et al., 2022) y los almacenan después de haber modificado su estructura mediante el metabolismo oxidativo (Quiñones-Muñoz et al., 2022). Por esta razón, normalmente se añaden altos niveles de pigmentos naturales o sintéticos a la dieta de las ponedoras comerciales, para lograr el color de yema deseado y hacer que los huevos sean más atractivos para los consumidores y más adecuados para la industria procesadora de huevos.

La suplementación con carotenoides en la dieta de aves ponedoras no sólo aumenta la cantidad de pigmento en la yema (Papadopoulos et al., 2019), sino que también ofrece beneficios para la salud humana, como una disminución de la degeneración muscular (Zaheer, 2017), una reducción del estrés oxidativo y un menor riesgo de cáncer (Alagawany et al., 2020).

En ese sentido, los pétalos de marigold (*Tagetes erecta*) son utilizados como fuente natural de pigmentos luteínicos (pigmentos naranjas y amarillos) para cambiar el color de las yemas de huevo y la piel de los pollos de engorde. La luteína y zeaxantina son las principales fuentes de pigmentos xantófilos que están presentes en la yema de huevos (Nabi et al., 2020), y se obtienen de alimentos como el maíz amarillo (*Zea mays* L.) y la alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Olaya, 2022). Sin embargo, en la avicultura el marigold es el pigmentante más utilizado debido a que aproximadamente el 90 % del pigmento de sus flores se deben principalmente a la luteína (Marounek & Pebriansyah, 2018; Gao et al., 2020). La luteína, junto a la zeaxantina son carotenoides que mayoritariamente forman parte de la dieta natural en avicultura, puesto que están presentes en insumos como el maíz.

Bajo ese contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros productivos y calidad de huevo de gallinas alimentadas con harina de marigold (*Tagetes erecta*) y harina de alfalfa (*Medicago sativa*), asimismo determinar la relación beneficio-costo.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El trabajo experimental se desarrolló en el Módulo de Investigación en Aves de la Estación Experimental de Chachapoyas y evaluación de calidad de huevos se realizó en el Laboratorio de Análisis Bromatológico, ubicados en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (Latitud Sur: 6° 13' 53", longitud oeste: 77° 51' 16") (Figura 1).

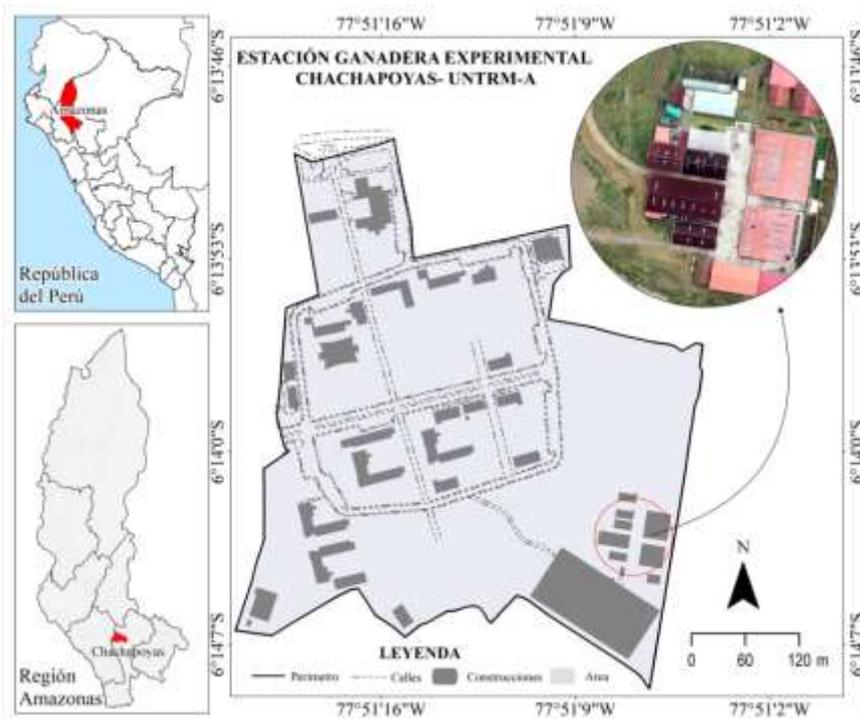


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del experimento.

2.2. Instalaciones y equipos

Para el desarrollo de la presente investigación se acondicionó un módulo de jaulas para gallinas ponedoras con las siguientes dimensiones: 0.60 m largo x 0.51 m ancho y 0.37 m de altura, con un área total de 0.306 m². Cada gallina ocupó un área de 0.087 m² dentro de la jaula. Se utilizó comederos lineales galvanizados de 0.60 m. y bebederos tipo niple.

2.3. Animales experimentales

Para el presente estudio, se usaron 120 gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown, con una edad de 25 semanas de vida, fueron distribuidas en 6 repeticiones de 4 aves por jaula y por los cinco (5) tratamientos evaluados. Las aves del experimento pesaron en promedio: 1700 ± 145 g, con una duración del experimento de 10 semanas. Todos alojados en un galpón que se controló a una temperatura de 20 °C y humedad de 70%.

2.4. Variables de estudio

2.4.1. Variables independientes

- ✓ Pigmentantes a base de marigold (*Tagetes erecta*) y harina de alfalfa (*Medicago sativa*)

2.4.2. Variables dependientes

- ✓ Productividad:
 - Peso de huevo de gallina
 - Peso de gallinas
 - Consumo de alimento
 - Producción de huevo
 - Conversión alimenticia
- ✓ Calidad del huevo:
 - Color de yema (Abanico de color y CIELAB)
 - Grosor de cáscara
- ✓ Económico:
 - Beneficio-costo

2.5. Dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron elaboradas en base a los requerimientos de gallinas de la línea Hy-Line Brown Classic (www.hyline.com), considerando las necesidades nutricionales recomendadas por NRC (National Research Council, Nutrient Requirements of Poultry, 1994). Para la elaboración de la dieta se utilizó la función de optimización al menor costo en programación lineal Solver de Microsoft Excel. La alimentación de las gallinas se realizó de manera *ad libitum*, asegurando un suministro adecuado conforme a las necesidades de cada etapa productiva.

Se realizó análisis químico proximal a la harina de alfalfa de acuerdo a la Association of Official of Agricultural Chemists (AOAC, 2005) para humedad (AOAC, 930.15), ceniza (AOAC, 942.05), proteína cruda (N x 6.25; AOAC, 984.13), grasa cruda (AOAC, 920.39), fibra cruda (AOAC, 978.10) y para el cálculo de la energía metabolizable (EM,

Kcal/kg) se utilizó la ecuación propuesta por Meighen & Yue, (1975), se muestra en la ecuación 1:

$$EM \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right) = 37 \times PC + 81.8 \times EE + 35.5 \text{ ELN} \dots \dots (\text{Ec. 1})$$

Donde: PC: Proteína cruda; EE: Extracto etéreo; ELN: Extracto libre de nitrógeno.

En este estudio se evaluaron las siguientes 5 dietas experimentales (Tabla 1): T0 (dieta control) con un 10% de harina de alfalfa (HA); T1: 0% de HA ni pigmentante; T2: T1 + 0.1% pigmentante comercial Novafil; T3: T1 + 0.1% pigmentante comercial Xamacol; T4: T1 (0.05% Novafil + 0.05% Xamacol). Los pigmentantes utilizados fueron Novafill 20[®] y Xamacol 20[®] derivados de la flor de marigold (*Tagetes erecta*), cada uno conteniendo 20g/kg de carotenoides.

Tabla 1. Dietas experimentales

Tratamientos	Descripción
T0	10 % de Harina de alfalfa (HA)
T1	0% HA + 0% pigmentante
T2	10 % HA + 0.10 % Novafil
T3	10 % HA + 0.10 % Xamacol
T4	10 % HA + 0.05 % Novafil + 0.05 % Xamacol

En la tabla 2 se describe la composición nutricional para las diferentes dietas experimentales utilizadas en el presente estudio.

Tabla 2. Composición nutricional de las dietas experimentales, según tratamiento en 100 kg.

Insumo	Dietas experimentales				
	T0	T1	T2	T3	T4
Maíz molido	61.80	21.80	21.90	21.90	21.90
Torta de soya	18.37	23.00	23.00	23.00	23.00
Afrecho de trigo	-	3.10	3.00	3.00	3.00
Harina de alfalfa	10.20	-	-	-	-
Polvillo de arroz	-	10.00	10.00	10.00	10.00
Arroz partido	-	30.60	30.50	30.50	30.50
Aceite de soya	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Carbonato de calcio	7.50	9.80	9.70	9.70	9.70
Fosfato dicálcico	0.90	0.60	0.70	0.70	0.70
Sal común	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
Premezcla ¹	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
DL metionina	0.13	0.11	0.11	0.11	0.11
Lisina	0.10	-	-	-	-
Cloruro de colina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Novafill 20	-	-	0.10	-	0.05
Xamacol 20	-	-	-	0.10	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo x kg (S/)	1.89	1.8	1.9	1.95	1.92

¹Por cada kilo de premezcla contiene: Vitamina A (10 000 000 UI) Vitamina D3 (3 000 000 UI), Vitamina E (15 000 UI), Vitamina K3 (2.5 g), Tiamina (2 g), Riboflavina (6 g), Cianocobalamina (0.012 g), Ac. Pantoténico (6 g), Ácido fólico (0.5 g), Niacina (20 g), Biotina (0.15 g), Manganeso (60 g), Zinc (60 g), Hierro (40 g), Cobre (6 g), Yodo (1 g), Selenio (0.3 g), Cobalto (0.15 g).

T0: 10 % de Harina de alfalfa (HA); T1: 0% HA + 0% pigmentante; T2: 10 % HA + 0.10 % Novafil; T3: 10 % HA + 0.10 % Xamacol; T4: 10 % HA + 0.05 % Novafil + 0.05 % Xamacol

En la tabla 3 se muestra el valor nutricional para las diferentes dietas experimentales utilizadas en el presente estudio.

Tabla 3. Valor nutricional de las dietas experimentales, según tratamiento.

Valor nutricional	Dietas experimentales				
	T0	T1	T2	T3	T4
Humedad (%)	9.8	10.2	10.11	9.77	10.26
Proteína cruda (%)	15.33	16	16.13	15.99	15.99
Fibra cruda (%)	4.45	3.2	3.16	3.22	3.22
Grasa cruda (%)	3.22	3.58	3.58	3.44	3.44
EM (Mcal/kg)	2620	2650	2640	2660	2660

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de alimentos-UNTRM.

T0: 10 % de Harina de alfalfa (HA); T1: 0% HA + 0% pigmentante; T2: 10 % HA + 0.10 % Novafil; T3: 10 % HA + 0.10 % Xamacol; T4: 10 % HA + 0.05 % Novafil + 0.05 % Xamacol

2.6. Evaluación de variables productivas

2.6.1. Peso de huevo (g)

Para determinar el peso del huevo (g) se utilizó la balanza analítica (Dakota, EB-50, USA), y se realizó de manera semanal teniendo en cuenta los tratamientos y repeticiones (Vlaicu et al., 2024).

2.6.2. Consumo de alimento (CA)

El consumo semanal de alimento se determinó tomando los datos de los registros diarios de alimento consumido en base al sobrante de los días anteriores. Para el cálculo se utilizó la ecuación 2 propuesto por Vlaicu et al. (2024).

$$CA = \text{alimento entregado (g)} - \text{alimento sobrante (g)} \dots \dots \text{(Ec. 2)}$$

2.6.3. Producción de huevo

Se registró la cantidad de huevos puestos diariamente y se determinó el porcentaje de postura mediante la ecuación 3 propuesto por Vlaicu et al. (2024):

$$\% \text{ de producción huevo} = \frac{\text{Total de huevos producidos}}{\text{Total de aves existentes}} \times 100 \dots \dots \text{(Ec. 3)}$$

2.6.4. Conversión alimenticia

Para determinar la conversión alimenticia, se tomó en cuenta la cantidad de alimento consumido y la producción de huevos producidos por semana, utilizando la ecuación 4 propuesto por Vlaicu et al. (2024).

$$\text{Conversion x kg huevos} = \frac{\text{Total kg de alimentos}}{\text{Total kg de huevos}} \dots \dots \text{(Ec. 4)}$$

2.6.5. Ganancia de peso

Para determinar la ganancia de peso, se midió el peso inicial y posteriormente se realizó el control del peso cada 15 días, calculado según la ecuación 5 propuesto por Vlaicu et al. (2024).

$$\text{Ganancia media diaria} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{N}^\circ \text{ de días de evaluación}} \dots \dots \text{(Ec. 5)}$$

2.7. Evaluación de calidad de huevo

2.7.1. Pigmentación de yema de huevo

Se realizó la determinación de pigmentación usando el colorímetro CR-400 (Konica Minolta Inc., Chiyoda, Japón) y un abanico de Roche. Con el colorímetro se midió los valores CIELAB (L^* , a^* , b^*), definido por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) que expresa el color en tres valores: L^* indica la transparencia con valores de 0 a 100 ($L^* = 0$ indica oscuridad, $L^*=100$ indica claridad), a^* el enrojecimiento en una escala de -60 (verde) hasta +60 (rojo); b^* define amarillento en una escala de -60 (azul) hasta +60 (amarillo). Mientras que utilizando el abanico de Roche las mediciones se realizó eligiendo el número de escala más aproximado al color de la yema observada. Las mediciones se realizaron una vez a la semana, usando 5 huevos por tratamiento según la metodología de He et al. (2023).

2.7.2. Grosor de cáscara

La evaluación del grosor de la cáscara de huevo se realizó de manera semanal, usando 5 huevos por tratamiento. Para ello se utilizó un micrómetro digital (Dasqua, 1804-10700, China), que determinó el espesor y diámetro de la cáscara del huevo (Elsherbeni et al., 2024), medido en la zona ecuatorial del huevo.

2.8. Evaluación económica

2.8.1. Beneficio-costo

Para evaluar el beneficio-costo (S/) se determinó el precio de los tratamientos (dietas experimentales) en base al costo promedio de cada insumo. Los costos de producción se estimaron usando los datos de conversión alimenticia por kilogramo de huevos, así como el costo del alimento multiplicado por las semanas de investigación, resultando en el cálculo del ingreso bruto. El margen bruto (%) se calculó restando el costo promedio total del alimento con el promedio de ingresos brutos (Koiyama et al., 2018).

2.9. Análisis estadístico de datos

El experimento se condujo bajo un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA). Los datos obtenidos fueron analizados mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) con el paquete informático SPSS (versión 26). Las jaulas han servido como unidad experimental y las diferencias fueron consideradas significantes a un $P < 0.05$. La prueba de Duncan se utilizó para determinar si existen o no diferencias significativas entre los tratamientos.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación de variables productivas

3.1.1. Peso de huevo

Los resultados de la tabla 4, indican que el peso promedio de los huevos varía significativamente entre tratamientos en las semanas 1-2, 3-4 y 7-8, con T4 (N) presentando el mayor peso promedio en estas semanas. En las semanas 5-6 y 9-10, no se encontraron diferencias significativas. El promedio total mostró que T4 tuvo el mayor peso, aunque sin diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.22$), tal como se muestra en la figura 2. Esto sugiere que el impacto de los tratamientos es más notable en las primeras etapas y se estabiliza posteriormente.

Tabla 4. Peso de huevos bajo diferentes dietas en un periodo de 10 semanas.

Semana	Dietas experimentales					Valor P
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
1 - 2	61.09 ^{ab}	61.86 ^a	60.24 ^b	62.01 ^a	62.16 ^a	0.03
3 - 4	61.57 ^b	61.97 ^b	62.01 ^b	62.23 ^b	63.49 ^a	0.01
5 - 6	61.1	61.44	60.8	60.83	61.74	0.14
7 - 8	61.36 ^{ab}	61.57 ^{ab}	60.72 ^b	61.98 ^{ab}	62.68 ^a	0
9 - 10	61.4	62.01	61.22	61.85	61.91	0.18
Total	61.31	61.77	61	61.79	62.39	0.22

Las diferencias estadísticas se indican con letras a y b.

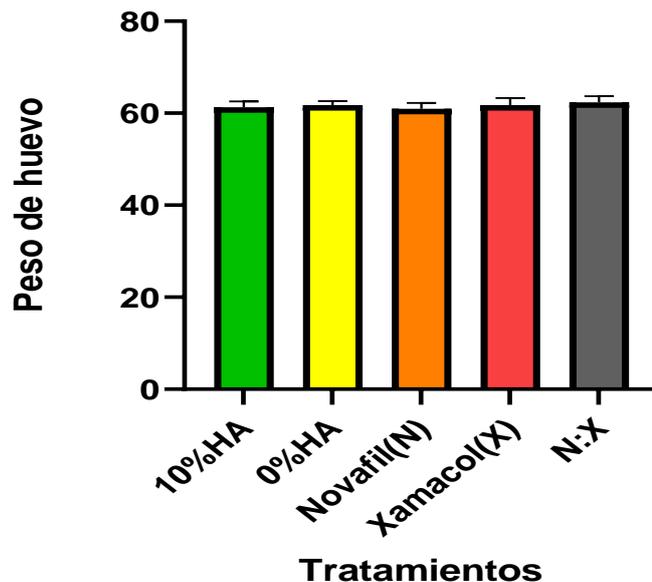


Figura 2. Peso promedio de huevos bajo diferentes dietas durante 10 semanas.

3.1.2. Peso de las gallinas

La tabla 5, muestra que los pesos promedios de las gallinas en los tratamientos T0, T1 y T2 se mantuvieron alrededor de 1.9 kg, mientras que el tratamiento T3 presentó un peso promedio ligeramente inferior (1.85 kg). Por otro lado, el tratamiento T4 mostró el mayor peso promedio, alcanzando 1.96 kg. Sin embargo, el análisis estadístico no evidencia diferencias significativas entre los grupos experimentales ($P=0.25$), indicando así que las distintas dietas no tuvieron un efecto significativo en el peso de las gallinas durante el periodo evaluado (Figura 3).

Tabla 5. Peso de las gallinas bajo diferentes dietas en un periodo de 10 semanas.

Semana	Dietas experimentales					Valor <i>P</i>
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
1 - 2	1.91	1.89	1.9	1.85	1.97	0.18
3 - 4	1.91	1.88	1.91	1.86	1.97	0.14
5 - 6	1.91	1.89	1.92	1.85	1.97	0.16
7 - 8	1.92	1.9	1.94	1.89	1.97	0.26
9 - 10	1.92	1.9	1.91	1.87	2.01	0.09
Total	1.9	1.91	1.9	1.85	1.96	0.25

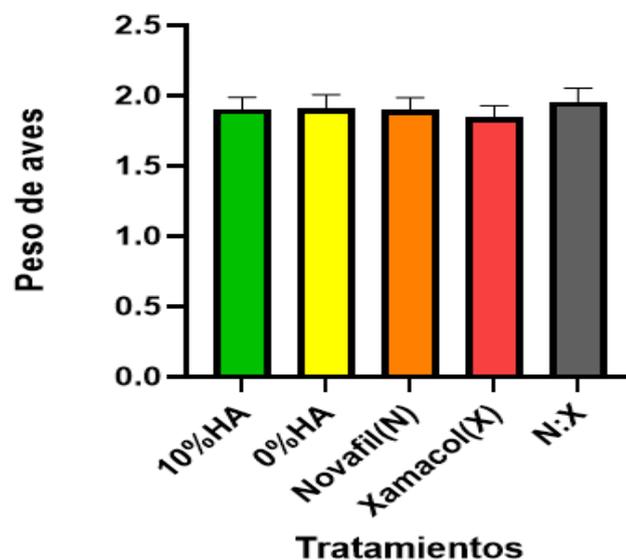


Figura 3. Peso promedio de las gallinas bajo diferentes dietas durante 10 semanas.

3.1.3. Consumo de alimento

La tabla 6, muestra que el consumo de alimento difiere significativamente entre las diferentes dietas a lo largo del tiempo. En particular, las dietas sin harina de alfalfa (T1) y la combinación de NOVAFIL y XAMACOL (T4) presentaron un mayor consumo de alimento, especialmente durante las semanas 3-4 y en el total del período (114.11 y 116.14g). La dieta NOVAFIL (T2) resultó en el menor consumo de alimento en la mayoría de los periodos evaluados y también en el periodo total con 108.16g. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas, sugiriendo que la selección de la dieta puede impactar el comportamiento alimentario (Figura 4).

Tabla 6. Consumo de alimento bajo diferentes dietas a lo largo de 10 semanas.

Semana	Dietas experimentales					Valor <i>P</i>
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
1 - 2	104.51 ^{ab}	112.60 ^a	99.85 ^b	108.12 ^{ab}	113.81 ^a	0.02
3 - 4	89.91 ^b	113.46 ^a	100.14 ^{ab}	106.32 ^{ab}	115.64 ^a	0.00
5 - 6	111.79	117.9	111.84	114.62	118.0	0.35
7 - 8	112.18	114.2	109.56	116.84	116.52	0.14
9 - 10	106.28	112.49	105.22	113.38	111.29	0.21
Total	108.39 ^c	114.11 ^b	108.16 ^c	112.73 ^b	116.14 ^a	<0.01

Las diferencias estadísticas se indican con letras a, b, y c.

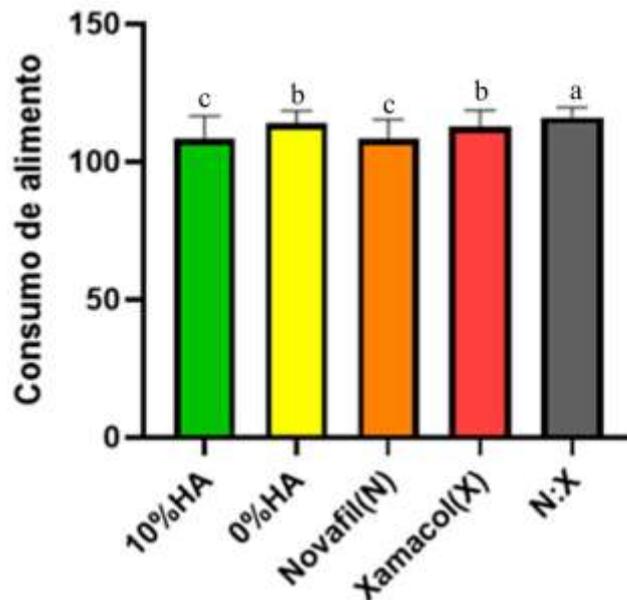


Figura 4. Consumo promedio de alimento en diferentes dietas durante 10 semanas.

3.1.4. Producción de huevos

De acuerdo con la tabla 7 la producción de huevos mostró variaciones significativas entre las dietas en varios periodos. La dieta T0 (10% HA) tuvo la mayor producción promedio total (54.30), mientras que T2 (NOVAFIL) presentó la menor (52.70), con diferencias significativas ($P < 0.01$). Las diferencias fueron más notables en las semanas 1-2, 3-4, y 5-6, donde T0 generalmente superó a las otras dietas. Estas diferencias estadísticamente altamente significativas observadas en el total del periodo sugieren que la composición de la dieta tiene un impacto relevante en la producción de huevos.

Tabla 7. Producción de huevos bajo diferentes dietas a lo largo de 10 semanas.

Semana	Dietas experimentales					Valor <i>P</i>
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
1 - 2	54.40 ^a	53.83 ^b	53.00 ^b	54.17 ^b	53.83 ^b	0.03
3 - 4	55.83 ^a	53.00 ^{bc}	51.17 ^c	53.33 ^b	53.17 ^{bc}	0
5 - 6	55.67 ^a	53.17 ^b	52.83 ^b	53.67 ^b	52.83 ^b	0.01
7 - 8	53.33	53.17	52.83	53.83	52.67	0.29
9 - 10	54.50 ^a	53.00 ^b	53.00 ^b	53.83 ^{ab}	52.83 ^b	0.05
Total	54.30^a	53.47^b	52.70^c	53.77^b	53.27^b	<0.01

Las diferencias estadísticas se indican con letras a, b, y c.

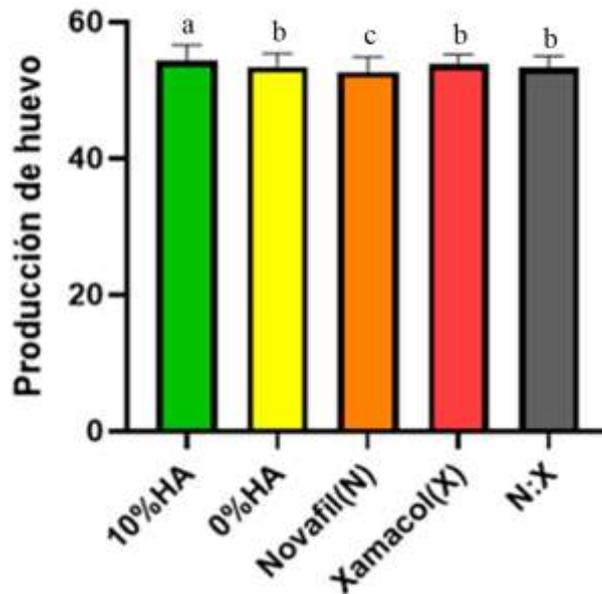


Figura 5. Producción promedio de huevos bajo diferentes dietas durante 10 semanas.

3.1.5. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia varió significativamente entre las dietas a lo largo de las semanas (Tabla 8). En las semanas 1-2 y 3-4, se encontraron diferencias significativas ($P = 0.00$ y $P = 0.002$), donde la dieta T0 (10% HA) mostró la conversión alimenticia más eficiente (1.69 y 1.80), mientras que la dieta T4 (N:X) presentó la menor eficiencia (1.93 y 2.00). Durante las semanas 5-6, 7-8 y 9-10, las diferencias también fueron significativas ($P < 0.05$), con T0 manteniendo una conversión más baja, indicando mayor eficiencia. En el análisis total, la dieta T0 resultó ser la más eficiente con una conversión alimenticia promedio de 1.81, sugiriendo que la dieta la incorporación de alfalfa proporciona una mejor conversión alimenticia en comparación con las otras dietas evaluadas (Figura 6).

Tabla 8. Conversión alimenticia bajo diferentes dietas a lo largo de 10 semanas

Semana	Dietas experimentales					Valor <i>P</i>
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
1 - 2	1.69 ^c	1.91 ^{ab}	1.75 ^{bc}	1.79 ^{abc}	1.93 ^a	0.00
3 - 4	1.80 ^b	2.00 ^a	1.97 ^a	1.92 ^{ab}	1.97 ^a	0.002
5 - 6	1.77 ^b	1.98 ^a	1.91 ^{ab}	1.94 ^a	2.00 ^a	0.00
7 - 8	1.79	1.94	1.91	1.91	1.97	0.08
9 - 10	1.81 ^b	1.91 ^{ab}	1.87 ^{ab}	1.92 ^a	1.97 ^a	0.04
Total	1.81 ^c	1.94 ^a	1.88 ^b	1.89 ^b	1.96 ^a	<0.01

Las diferencias estadísticas se indican con letras a, b, y c.

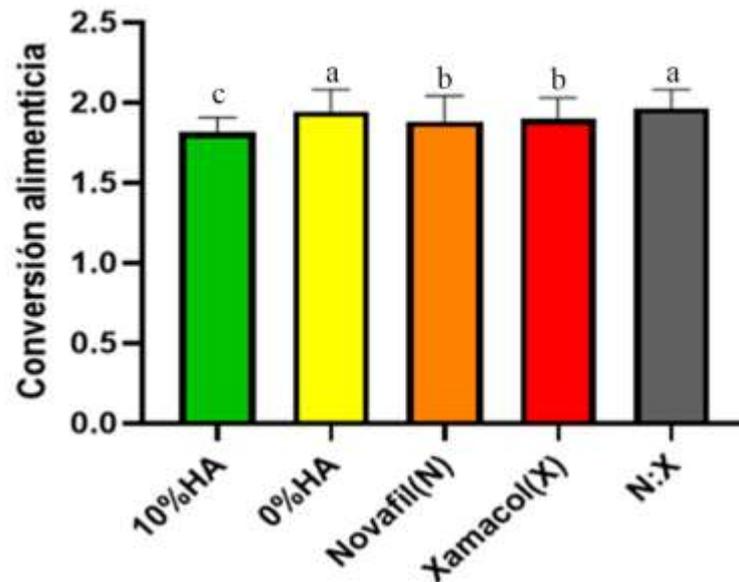


Figura 6. Conversión alimenticia bajo diferentes dietas durante 10 semanas.

3.2. Evaluación de calidad de huevo

3.2.1. Color de la yema de huevo

a. Método abanico de color

El color de la yema, evaluado mediante el abanico de color, mostró diferencias significativas entre las dietas. Durante las semanas 4, la dieta resultó en la yema con el color más intenso (10.38), mientras que T1 presentó el color menos intenso (8.25), con diferencias altamente significativas ($P < 0.001$). En las semanas 10, T2 continuó presentando el color de yema más intenso (11.83), seguido de T4 (10.88), con diferencias significativas ($P = 0.002$). En el análisis total, la dieta T2 mostró la mayor intensidad en el color de la yema (10.89), mientras que la dieta T1 tuvo el menor valor promedio (8.94), con diferencias significativas ($P < 0.001$). Estos resultados sugieren que la dieta T2 influye positivamente en la intensificación del color de la yema en comparación con las otras dietas evaluadas (Figura 7).

Tabla 9. Evaluación del color de la yema utilizando el abanico de color.

Semana	Dietas experimentales					Valor <i>P</i>
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
4	10.0 ^{ab}	8.25 ^c	10.38 ^a	8.88 ^c	9.63 ^b	<0.001
10	10.00 ^{bc}	9.63 ^c	11.38 ^a	10.38 ^{ab}	10.88 ^{ab}	0.002
Total	9.94^b	8.94^c	10.89^{ab}	9.63^b	10.25^{ab}	<0.001

Las diferencias estadísticas se indican con letras a, b, y c.

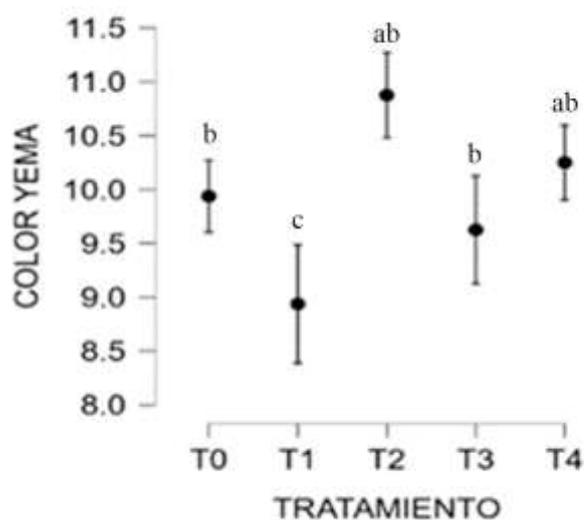


Figura 7. Variación del color de la yema en función del tratamiento dietético.

b. Método con colorímetro

La tabla 10 y la figura 8, muestran los valores de color de la yema de huevo L^* , a^* y b^* medidos con un colorímetro (CIE Lab^*) en las semanas 4 y 10 bajo diferentes dietas. Se observaron diferencias significativas en los valores a^* y b^* entre los tratamientos durante ambas semanas. En la semana 4, el valor de a^* fue mayor en la dieta T2, mientras que el valor de b^* también alcanzó su máximo en esta dieta. En la semana 10, los valores de a^* y b^* variaron notablemente entre las dietas, con T0 y T2 mostrando valores superiores de a^* . Los valores de L^* no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en la semana 4, pero sí en la semana 10, donde T4 presentó un valor más alto. La figura 8, muestra que T2 presenta un valor más elevado para a^* , indicando una tendencia hacia el rojo, mientras que en el valor de b^* , los tratamientos T0 y T2 muestran valores más elevados, sugiriendo una tendencia hacia el amarillo. Estos resultados sugieren que la dieta influye en la coloración, especialmente en el parámetro a^* , posiblemente debido a cambios en la composición de los alimentos suministrados.

Tabla 10. Medición del color de la yema de huevo con el uso de colorímetro.

Semana	Color (Cie Lab^*)	Dietas experimentales					Valor P
		T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL(N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
4	L^*	35.47	36	36.05	35.23	35.64	0.44
	a^*	2.50 ^{bc}	1.55 ^d	2.92 ^a	2.24 ^c	2.58 ^b	<0.0001
	b^*	11.41 ^{ab}	12.00 ^{ab}	12.45 ^a	11.27 ^b	11.86 ^{ab}	0.04
10	L^*	34.40 ^a	30.99 ^b	34.24 ^a	31.22 ^b	32.73 ^{ab}	0.0004
	a^*	2.63 ^a	1.52 ^c	2.55 ^a	2.05 ^b	2.30 ^{ab}	<0.0001
	b^*	10.56 ^a	7.90 ^b	10.18 ^a	8.62 ^{ab}	9.40 ^{ab}	0.01
Total	L^*	34.94	33.49	35.14	33.22	34.18	0.06
	a^*	2.56^{ab}	1.53^d	2.73^a	2.14^c	2.44^b	<0.0001
	b^*	10.99	9.95	11.31	9.94	10.63	0.14

Las diferencias estadísticas se indican con letras a, b, y c.

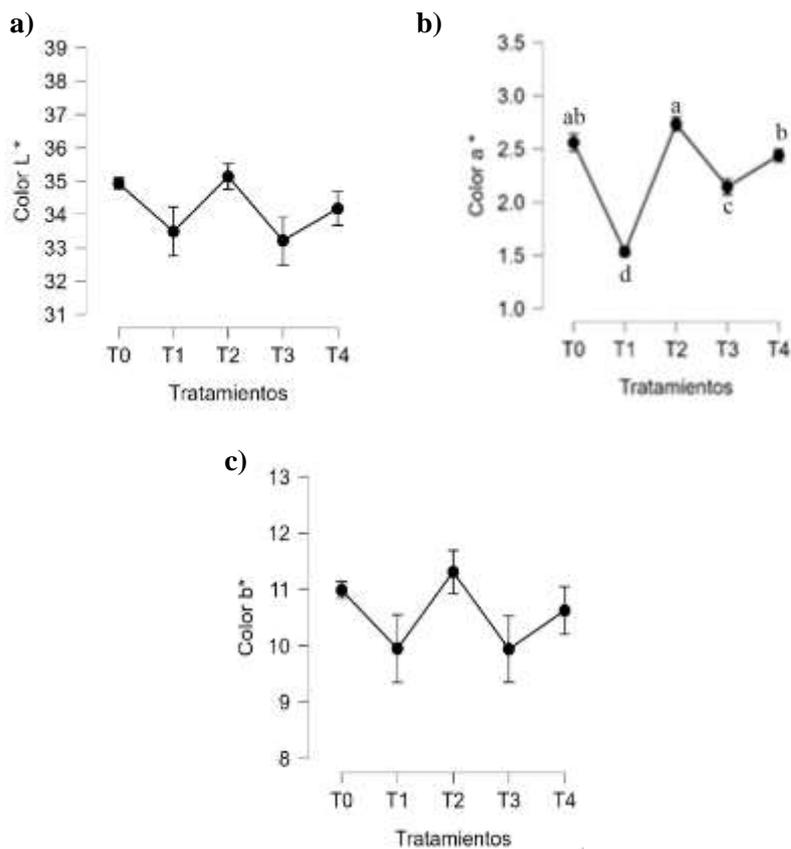


Figura 8. Valores de color de la yema de huevo.

3.2.2. Grosor de cáscara

La tabla 11 y la figura 9 muestran los resultados del grosor de la cáscara medido en las semanas 4 y 10 bajo diferentes dietas. En la primera y segunda medición T0 presenta el mayor grosor de cáscara (0.42 y 0.41mm) en comparación con los otros tratamientos. El análisis estadístico revela una alta diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los tratamientos, indicando que la dieta influye en el grosor de la cáscara. La figura indica que T0 mantiene el valor más alto de grosor a lo largo del tiempo, mientras que T2 presenta un grosor más bajo. Estos resultados sugieren que el tratamiento T0 podría contribuir a un mayor desarrollo del grosor de la cáscara, lo cual podría ser relevante para la calidad del producto final.

Tabla 11. Grosor de la cáscara de huevo bajo diferentes dietas.

Semana	Dietas					Valor P
	T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL(X)	T4 N:X	
7 - 8	0.42 ^a	0.38 ^{bc}	0.35 ^c	0.40 ^{ab}	0.37 ^{bc}	0.00
9 - 10	0.41 ^a	0.38 ^b	0.36 ^b	0.39 ^{ab}	0.38 ^{ab}	0.05
Total	0.42 ^a	0.38 ^{bc}	0.36 ^c	0.39 ^{ab}	0.38 ^{bc}	<0.0001

Las diferencias estadísticas se indican con letras (a, b, c)

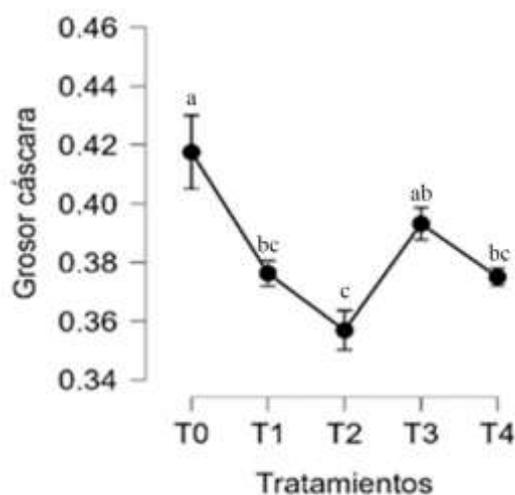


Figura 9. Variación del grosor de la cáscara en función de las dietas administradas.

3.3. Evaluación económica

3.3.1. Beneficio-costos

El análisis de costos e ingresos en la producción de huevos bajo diferentes dietas mostró variaciones significativas (tabla 12). El costo de alimento más bajo se observó en la dieta T0 (S/ 1.80), mientras que el más alto fue con T2 (S/ 1.95). La dieta T0 también presentó la conversión alimenticia más eficiente (1.95) y el costo más bajo para producir 1 kg de huevo (S/ 3.51). En términos de consumo alimenticio total, la dieta T4 resultó en el mayor consumo (193.28 kg), con el costo total de alimentación más alto (S/ 371.09).

En cuanto a los ingresos, la dieta T1 produjo el mayor ingreso bruto promedio (923.04 S/), mientras que T2 tuvo el menor ingreso (S/ 867.96). El margen bruto total fue mayor para la dieta T1 (S/ 589.85), lo que indica un beneficio económico más alto comparado con las otras dietas. La variación del margen bruto también mostró que T1 tuvo un aumento del 7.9% respecto a T0, mientras que las dietas T2, T3 y T4 presentaron disminuciones, siendo T4 la que más redujo el margen (-3.70%). Estos resultados sugieren que la dieta T1 puede ser la opción más rentable en términos de margen bruto, a pesar de tener un costo de alimento ligeramente más alto que T0.

Tabla 12. Análisis económico de producción de huevos de gallina bajo diferentes tratamientos dietéticos.

Ítem	Indicador	Tratamientos dietéticos				
		T0 10%HA	T1 0%HA	T2 NOVAFIL (N)	T3 XAMACOL (X)	T4 N:X
A	Costo de alimento	1.8	1.89	1.9	1.95	1.92
B	Conversión alimenticia	1.95	1.81	1.88	1.9	1.97
C	Costo de producción/Unidad (A*B)	3.51	3.42	3.57	3.71	3.78
D	Producción de huevo (Kg)	99.08	102.56	96.44	99.65	99.71
E	Costo/Kg de huevo	9	9	9	9	9
F	Ingreso bruto promedio (D*E)	891.72	923.04	867.96	896.85	897.39
G	Consumo de alimento (Kg)	191.73	176.29	176.94	187.91	193.28
H	Costo de alimentación (G*A)	345.11	333.19	336.19	366.42	371.09
I	Margen bruto total (F- H)	546.61	589.85	531.77	530.43	526.29
J	Variación de margen bruto (%)	0	7.9	-1.97	-2.96	-3.7

IV. DISCUSIONES

4.1. Evaluación del comportamiento productivo

4.1.1. Peso y producción de huevos

El efecto de la adición de pigmentantes en el comportamiento productivo de gallinas ponedoras reveló mejoras en el peso de huevos cuando se usó la mezcla de novafill (50 g) y xamacol (50 g) con valores promedio de hasta 63.49 g, superando al tratamiento con HA (61.57 g). Estos resultados no fueron consistentes con los resultados de Alay & Karadas, (2016), pero si fueron paralelos en hallazgos similares a Skřivan et al., (2015) reportando que la adición de extracto de flores de marigold (*Tagetes erecta*) incrementó la producción de huevo. Las razones podrían deberse a un aumento en la lipogénesis hepática y la lipidemia. Se sabe que los carotenoides disminuyen el síndrome hemorrágico del hígado graso en gallinas ponedoras, principalmente a través de la restauración de la función mitocondrial que normaliza el metabolismo de los lípidos al mejorar el equilibrio entre la lipólisis y la síntesis de grasas y mejora la β -oxidación de los lípidos y la generación de energía (Arroyave-Ospina et al., 2021). Por tanto, el uso de carotenoides, mejoran el metabolismo de los lípidos hepáticos, regulando la síntesis y eliminación de ácidos grasos específicos que contribuyen al aumento del peso de la yema de huevo y luego del peso total del huevo (Fernandes et al., 2020). Por otro lado, los tratamientos con la adición de pigmentantes tuvieron niveles máximos de uso de polvillo de arroz (10%), es decir, niveles elevados de polisacáridos no almidonados (PNA) y de fitatos considerados como factores anti nutricionales. En ese sentido, no mostraron efectos negativos en los índices productivos posiblemente debido al uso de enzimas xilanasas y fitasas en la dieta (Basurco, 2019). De igual manera, en el presente estudio, se reveló que, la suplementación con fuentes de carotenoides (alfalfa y marigold) no mejoró el peso vivo de las aves ponedoras ($p > 0.05$) con resultados similares a lo propuesto por Alay & Karadas, (2016) en codornices reproductoras.

4.1.2. Consumo de alimento

El consumo de alimento no fue afectado por la adición de carotenoides en la dieta de gallinas, lo que difiere con las investigaciones de Umar Faruk et al. (2018), quien encontró aumento en el consumo de alimento con el uso de cantaxantinas en gallinas. De igual manera, se encontró un aumento en el consumo de alimento con la adición de *Moringa oleifera* (Bidura et al., 2020). Las causas posiblemente se deban a que

visualmente, las aves que reciben alimento más amarillo (uso de pigmentos) son más apetecibles; otra explicación sería el efecto antioxidante de los pigmentos carotenoides que tendría un efecto positivo (mayor consumo) en animales estresados (enjaulados).

4.1.3. Conversión alimenticia

Si bien los resultados fueron insignificantes pero significativos en relación con que los carotenoides reducen la CA en la alimentación de gallinas ponedoras durante las semanas 1 hasta la semana 6. Estos resultados están alineados con lo encontrado por Lokaewmanee et al. (2013), quienes encontraron que el uso del pimiento rojo no fue capaz de mejorar el rendimiento productivo de gallinas, incluido el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia. Por otro lado, en la presente investigación se pudo obtener menores valores de CA para el tratamiento con harina de alfalfa (HA) comparado con los otros tratamientos evaluados. Estos resultados coinciden con la investigación de Zheng et al. (2019) al reducir significativamente la CA cuando se utilizó entre 5 a 10% de HA en la dieta.

4.2. Evaluación de la calidad de huevo

4.2.1. Color de yema

El uso principal de los carotenoides en la industria avícola es la mejora del color de la carne y la yema de huevo (Meléndez-Martínez et al., 2022). Existen numerosos estudios sobre el efecto de los carotenoides sobre la coloración de las yemas de huevo. Los carotenoides como la β -criptoxantina, la cantaxantina, el licopeno y la astaxantina confieren un color a la yema de huevo que varía en tonos que van del naranja al rojo, mientras que la luteína y la zeaxantina le dan a la yema un color amarillo (Fan et al., 2021). Con la medición de color CIE $L^* a^* b^*$ (la Comisión Internacional de Iluminación, donde L^* , a^* y b^* representan luminosidad, enrojecimiento y amarillez relativos, respectivamente), un aumento en el amarilleo de la yema conduce a un aumento significativo en la puntuación b^* (Skřivan et al., 2015). Un aumento en el enrojecimiento de la yema conduce a un aumento significativo en la puntuación a^* con una ligera disminución en la puntuación L^* y b^* (Niu et al., 2008).

En la presente investigación, el uso de carotenoides en la dieta aumentó eficazmente la intensidad de color de la yema en los tratamientos experimentales (uso de HA y uso de pigmentos). La puntuación del color de la yema de huevo aumentó cuando se incluyó HA en la dieta en comparación con el control, lo que fue consistente con los resultados de

Laudadio et al. (2014) y está relacionado con la cantidad de β -caroteno contenida en la HA podría estar relacionada con el color oscuro de la yema de huevo. De igual manera, la adición de pigmentantes (Novafill 20 ppm y Xamacol 20 ppm) mejoraron la pigmentación de yema de tipo amarillo (xantofilas) con la adición de 10% de polvillo de arroz en la dieta. Estos resultados coinciden con lo reportado por Basurco (2019) y Aureli et al., (2014) quienes mencionaron que las altas tasas de deposición de pigmentante en la yema de huevo aumentan a medida que aumenta la dosis de pigmento en la dieta. En general, la pigmentación en la yema de huevo mejoró con la adición de pigmentantes (HA y pigmentantes). Por otro lado, se explica que los pigmentantes (xantofilas) presentes en el tratamiento control (sin pigmentante) disminuyeron el valor de abanico a 8.25, valor que es menor a 9 (exigencias del mercado peruano) (Williams, 1992).

4.2.2. Grosor de cáscara

Los resultados del presente experimento demuestran diferencias en el grosor de cáscara con el uso de diferentes fuentes de pigmentantes. La adición de HA mostró mayores niveles de grosor de cáscara tanto en la semana 4 como en la semana 10 de investigación. En ese sentido, Denis y Ponce (2007) determinaron que el grosor de la cáscara de huevo puede variar entre otros factores, por la calidad y disponibilidad del alimento.

4.3. Evaluación económica

La evaluación económica realizada en el experimento nos revela menor conversión alimenticia y por ende menor costo de producción por kilo de huevos cuando se adicionó HA en la dieta de gallinas ponedoras. A esto se suma una mayor producción de huevo (kg) en el periodo de 10 semanas (102.56 kg), alcanzando una rentabilidad de S/ 923.04 como ingreso bruto, seguido por los tratamientos con el uso de pigmentantes (S/ 897.39 para el tratamiento T4 y S/ 896.85 para el tratamiento con el uso de Xamacol). Respecto al margen bruto, el tratamiento con el uso de HA presentó mayor margen bruto total (S/ 589.85 que representa un 7.9% más que el control), mientras que los tratamientos con el uso de pigmentantes no lograron la eficiencia del grupo control.

V. CONCLUSIONES

La suplementación de harina de alfalfa y de pigmentantes provenientes de marigold saponificado no afectó los índices productivos ni la calidad de huevo en gallinas ponedoras. Sin embargo, su adición provocó un aumento en la coloración de la yema de huevo, tanto a nivel de harina de alfalfa en la proporción de 10% en la dieta, así como 0.1% de harina de marigold (20 ppm) consiguiendo coloraciones aceptables de yema para el mercado peruano. Además, la adición de 10% harina de alfalfa en la dieta de gallinas ponedoras superó económicamente a los tratamientos con un 0.1% de marigold saponificado en productos comerciales (Novafill 20 y Xamacol), concluyendo que la adición de harina de alfalfa proporciona una mejor producción y calidad de huevo a un menor costo y mayor margen de ganancia.

VI. RECOMENDACIONES

Mayores estudios sobre la adición de harina de alfalfa y harina de marigold saponificado y su impacto medio ambiental.

Efecto de los niveles de harina de alfalfa y su impacto en los factores bioquímicos en sangre e inmunidad de gallinas ponedoras.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya, J. P., Lopez, Y., Gouveia, B. T., De Bem Oliveira, I., Resende, M. F. R., Muñoz, P. R., & Rios, E. F. (2020). Breeding Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Adapted to Subtropical Agroecosystems. *Agronomy*, *10*(5), 742. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050742>
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Saeed, M., Naveed, M., Arain, M. A., Arif, M., Tiwari, R., Khandia, R., Khurana, S. K., Karthik, K., Yatoo, Mohd. I., Munjal, A., Bhatt, P., Sharun, K., Iqbal, H. M. N., Sun, C., & Dhama, K. (2020). Nutritional applications and beneficial health applications of green tea and L -theanine in some animal species: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *104*(1), 245-256. <https://doi.org/10.1111/jpn.13219>
- Alay, T., & Karadas, F. (2016). The effects of carotenoids in quail breeder diets on egg yolk pigmentation and breeder performance. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, *66*(4), 206-214. <https://doi.org/10.1080/09064702.2017.1330360>
- Ali Esmail Al-Snafi, Hanaa Salman Khadem, Hussein Ali Al-Saedy, Ali M. Alqahtani, Gaber El-Saber Batiha, & Jafari-Sales Abolfazl. (2021). A review on *Medicago sativa*: A potential medicinal plant. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*, *1*(2), 022-033. <https://doi.org/10.30574/ijbpsa.2021.1.2.0302>
- Arroyave-Ospina, J. C., Wu, Z., Geng, Y., & Moshage, H. (2021). Role of Oxidative Stress in the Pathogenesis of Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: Implications for Prevention and Therapy. *Antioxidants*, *10*(2), 174. <https://doi.org/10.3390/antiox10020174>
- Aureli, R., Fernandez, S., & Cisneros, F. (2014). *Eficacia de pigmentación de yema de huevo de dos productos altos en zeaxantina comparados con Apo-ester*. Engormix. https://www.engormix.com/avicultura/pigmentacion-pollos/eficacia-pigmentacion-yema-huevo_a30912/
- Azhar, M., Daruslam, M. A., Prasetyo, B. N., Pratama, C., Aulyani, T. L., & Faradila, S. (2023). POTENSI ALFALFA (*Medicago sativa* L.) SEBAGAI FEED SUPPLEMENT UNTUK AYAM RAS PETELUR: PERFORMAN DAN

- KUALITAS TELUR. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, 11(1), 16-21.
<https://doi.org/10.30598/ajitt.2023.11.1.16-21>
- Basurco, M. (2019). *Efecto de marigold saponificado y altos contenidos de polvillo de arroz en dietas de gallinas de postura suplementadas con complejo enzimático sobre la producción y pigmentación de yema de huevo* [Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4693>
- Bidura, I., Partama, I., Utami, I., Candrawati, D., Puspani, E., Suasta, I., Warmadewi, D., Okarini, I., Wibawa, A., Nuriyasa, I., & Siti, N. (2020). Effect of Moringa oleifera leaf powder in diets on laying hens performance, β -carotene, cholesterol, and minerals contents in egg yolk. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 823(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/823/1/012006>
- Cui, Y., Diao, Z., Fan, W., Wei, J., Zhou, J., Zhu, H., Li, D., Guo, L., Tian, Y., Song, H., & Su, Y. (2022). Effects of dietary inclusion of alfalfa meal on laying performance, egg quality, intestinal morphology, caecal microbiota and metabolites in Zhuanghe Dagu chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 831-846. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2067009>
- De Borja Reis, A. F., Tamagno, S., Moro Rosso, L. H., Ortez, O. A., Naeve, S., & Ciampitti, I. A. (2020). Historical trend on seed amino acid concentration does not follow protein changes in soybeans. *Scientific Reports*, 10(1), 17707. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74734-1>
- Denis, D., & Ponce, J.L. (2007). Variación del grosor de la cáscara del huevo en diez especies de zancudas en la ciénaga de Birama, Cuba. *J. Carib. Ornithol.* 20, 17-25.
- Demmig-Adams, B., López-Pozo, M., Stewart, J. J., & Adams, W. W. (2020). Zeaxanthin and Lutein: Photoprotectors, Anti-Inflammatories, and Brain Food. *Molecules*, 25(16), 3607. <https://doi.org/10.3390/molecules25163607>
- Dhakal, M., West, C. P., Villalobos, C., Sarturi, J. O., & Deb, S. K. (2020). Trade-off between nutritive value improvement and crop water use for an alfalfa–grass system. *Crop Science*, 60(3), 1711-1723. <https://doi.org/10.1002/csc2.20159>
- Elsherbeni, A. I., Youssef, I. M., Hamouda, R. E., Kamal, M., El-Gendi, G. M., El-Garhi, O. H., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Moustafa, M., Alshaharn, M. O., & El Kholly, M. S. (2024). Performance and economic efficiency of laying hens

- in response to adding zeolite to feed and litter. *Poultry Science*, *103*(7), 103799. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103799>
- Fan, G.-J., Shih, B.-L., Lin, H.-C., Lee, T. T., Lee, C.-F., & Lin, Y.-F. (2021). Effect of dietary supplementation of Sargassum meal on laying performance and egg quality of Leghorn layers. *Animal Bioscience*, *34*(3), 449-456. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0256>
- FEDNA. (2020). *FEDNA | Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. <https://fundacionfedna.org/>
- Fernandes, R. T. V., Gonçalves, A. A., & Arruda, A. M. V. D. (2020). Production, egg quality, and intestinal morphometry of laying hens fed marine microalga. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *49*, e20200011. <https://doi.org/10.37496/rbz4920200011>
- Gao, S., Li, R., Heng, N., Chen, Y., Wang, L., Li, Z., Guo, Y., Sheng, X., Wang, X., Xing, K., Ni, H., & Qi, X. (2020). Effects of dietary supplementation of natural astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* on antioxidant capacity, lipid metabolism, and accumulation in the egg yolk of laying hens. *Poultry Science*, *99*(11), 5874-5882. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.029>
- Gold, M., Cassar, C. M., Zurbrügg, C., Kreuzer, M., Boulos, S., Diener, S., & Mathys, A. (2020). Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, *102*, 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.036>
- Hansen, M., Andersen, C. A., Jensen, P. R., & Hobley, T. J. (2022). Scale-Up of Alfalfa (*Medicago sativa*) Protein Recovery Using Screw Presses. *Foods*, *11*(20), 3229. <https://doi.org/10.3390/foods11203229>
- He, W., Wang, H., Tang, C., Zhao, Q., & Zhang, J. (2023). Dietary supplementation with astaxanthin alleviates ovarian aging in aged laying hens by enhancing antioxidant capacity and increasing reproductive hormones. *Poultry Science*, *102*(1), 102258. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102258>
- Ibáñez, M. A., De Blas, C., Cámara, L., & Mateos, G. G. (2020). Chemical composition, protein quality and nutritive value of commercial soybean meals produced from beans from different countries: A meta-analytical study. *Animal Feed Science and Technology*, *267*, 114531. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114531>

- Izarra Casavilca, C. M., & Zuñiga Matamoros, R. (2019). *Hábitos y preferencia del consumo de carne de las diferentes especies de animales domésticos en el distrito de Huancavelica*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3070>
- Koiyama, N. T. G., Utimi, N. B. P., Santos, B. R. L., Bonato, M. A., Barbalho, R., Gameiro, A. H., Araújo, C. S. S., & Araújo, L. F. (2018). Effect of yeast cell wall supplementation in laying hen feed on economic viability, egg production, and egg quality. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(1), 116-123. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx052>
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N. M. B., Introna, M., & Tufarelli, V. (2014). Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: Effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science*, 93(7), 1868-1874. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03831>
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K., & Okuda, N. (2013). Effects of dietary red pepper on egg yolk colour and histological intestinal morphology in laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(5), 986-995. <https://doi.org/10.1111/jpn.12011>
- Marounek, M., & Pebriansyah, A. (2018). Use of carotenoids in feed mixtures for poultry: A review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 51(3), 107-111. <https://doi.org/10.2478/ats-2018-0011>
- Meighen, E., & Yue, R. (1975). Hybrids of chemical derivatives of Escherichia coli alkaline phosphatase. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 412(2), 262-272. [https://doi.org/10.1016/0005-2795\(75\)90040-9](https://doi.org/10.1016/0005-2795(75)90040-9)
- Meléndez-Martínez, A. J., Mandić, A. I., Bantis, F., Böhm, V., Borge, G. I. A., Brnčić, M., Bysted, A., Cano, M. P., Dias, M. G., Elgersma, A., Fikselová, M., García-Alonso, J., Giuffrida, D., Gonçalves, V. S. S., Hornero-Méndez, D., Kljak, K., Lavelli, V., Manganaris, G. A., Mapelli-Brahm, P., ... O'Brien, N. (2022). A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: *Status quo*, applications, patents, and research needs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8), 1999-2049. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867959>
- Nabi, F., Arain, M. A., Rajput, N., Alagawany, M., Soomro, J., Umer, M., Soomro, F., Wang, Z., Ye, R., & Liu, J. (2020). Health benefits of carotenoids and potential

- application in poultry industry: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(6), 1809-1818. <https://doi.org/10.1111/jpn.13375>
- Niu, Z., Fu, J., Gao, Y., & Liu, F. (2008). Influence of Paprika Extract Supplement on Egg Quality of Laying Hens Fed Wheat-Based Diet. *International Journal of Poultry Science*, 7(9), 887-889. <https://doi.org/10.3923/ijps.2008.887.889>
- Olaya, R. (2022, julio 8). Uso de pigmentantes en avicultura. *Actualidad Avipecuaria*. <https://actualidadavipecuaria.com/uso-de-pigmentantes-en-avicultura/>
- Panaite, T. D., Nour, V., Vlaicu, P. A., Ropota, M., Corbu, A. R., & Saracila, M. (2019). Flaxseed and dried tomato waste used together in laying hens diet. *Archives of Animal Nutrition*, 73(3), 222-238. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1586500>
- Papadopoulos, G. A., Chalvatzi, S., Kopecký, J., Arsenos, G., & Fortomaris, P. D. (2019). Effects of dietary fat source on lutein, zeaxanthin and total carotenoids content of the egg yolk in laying hens during the early laying period. *British Poultry Science*, 60(4), 431-438. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1614526>
- Quiñones-Muñoz, T. A., Villanueva-Rodríguez, S. J., & Torruco-Uco, J. G. (2022). Nutraceutical Properties of *Medicago sativa* L., *Agave* spp., *Zea mays* L. and *Avena sativa* L.: A Review of Metabolites and Mechanisms. *Metabolites*, 12(9), 806. <https://doi.org/10.3390/metabo12090806>
- Ricke, S. C., & Rothrock, M. J. (2020). Gastrointestinal microbiomes of broilers and layer hens in alternative production systems. *Poultry Science*, 99(2), 660-669. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.017>
- Sanchez-Quinche, A. Ro., Chuquisala-Pinza, D. V., & Pogo-Troya, G. A. (2022). Efecto de la inclusión de *Medicago sativa* en el alimento de pollos Cobb 500. XXXII(e-32108), 1-7. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e32108>
- Skřivan, M., Englmaierová, M., Skřivanová, E., & Bubancová, I. (2015). Increase in lutein and zeaxanthin content in the eggs of hens fed marigold flower extract. *Czech Journal of Animal Science*, 60(3), 87-96. <https://doi.org/10.17221/8073-CJAS>
- Tucak, M., Čupić, T., Horvat, D., Popović, S., Krizmanić, G., & Ravlić, M. (2020). Variation of Phytoestrogen Content and Major Agronomic Traits in Alfalfa

- (*Medicago sativa* L.) Populations. *Agronomy*, 10(1), 87. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010087>
- Tufarelli, V., Ragni, M., & Laudadio, V. (2018). Feeding Forage in Poultry: A Promising Alternative for the Future of Production Systems. *Agriculture*, 8(6), 81. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060081>
- Umar Faruk, M., Roos, F. F., & Cisneros-Gonzalez, F. (2018). A meta-analysis on the effect of canthaxanthin on egg production in brown egg layers. *Poultry Science*, 97(1), 84-87. <https://doi.org/10.3382/ps/pex236>
- Varzaru, I., Panaite, T. D., & Untea, A. E. (2020). Effects of dietary supplementation of alfalfa meal and rice bran on growth performance, carcass characteristics and intestinal microbiota in broilers. *Archiva Zootechnica*, 23(2), 117-128. <https://doi.org/10.2478/azibna-2020-0017>
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., Lefter, N. A., Oancea, A. G., Saracila, M., & Varzaru, I. (2024). Influence of rosehip (*Rosa canina* L.) leaves as feed additive during first stage of laying hens on performances and egg quality characteristics. *Poultry Science*, 103990. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103990>
- Williams, W. (1992). Origin and Impact of Color on Consumer Preference for Food. *Poultry science*, 71, 744-746. <https://doi.org/10.3382/ps.0710744>
- Yang, C., Zhang, F., Jiang, X., Yang, X., He, F., Wang, Z., Long, R., Chen, L., Yang, T., Wang, C., Gao, T., Kang, J., & Yang, Q. (2021). Identification of Genetic Loci Associated With Crude Protein Content and Fiber Composition in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Using QTL Mapping. *Frontiers in Plant Science*, 12, 608940. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.608940>
- Zaheer, K. (2017). Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: A review. *CyTA - Journal of Food*, 15(3), 474-487. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1266033>
- Zheng, M., Mao, P., Tian, X., Guo, Q., & Meng, L. (2019). Effects of dietary supplementation of alfalfa meal on growth performance, carcass characteristics, meat and egg quality, and intestinal microbiota in Beijing-you chicken. *Poultry Science*, 98(5), 2250-2259. <https://doi.org/10.3382/ps/pey550>

Zheng, M., Niu, D., Zuo, S., Mao, P., Meng, L., & Xu, C. (2018). The effect of cultivar, wilting and storage period on fermentation and the clostridial community of alfalfa silage. *Italian Journal of Animal Science*, *17*(2), 336-346. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1364984>

VIII. ANEXOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
peso huevo(sem3-4)	60	0.22	0.15	2.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	24.89	5	4.98	3.06	0.0168	
tratamiento	24.89	4	6.22	3.82	0.0083	
peso_ave(sem3-4)	0.65	1	0.65	0.40	0.5288	-1.26
Error	87.94	54	1.63			
Total	112.83	59				

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.6288 gl: 54

tratamiento Medias n E.E.

	Medias	n	E.E.	
1	61.57	12	0.37	A
2	61.97	12	0.37	A
3	62.01	12	0.37	A
4	62.23	12	0.39	A
5	63.49	12	0.38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
peso huevo(sem7-8)	60	0.28	0.21	1.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	28.24	5	5.65	4.17	0.0028	
tratamiento	24.80	4	6.20	4.58	0.0030	
peso_ave(sem7-8)	0.99	1	0.99	0.73	0.3963	1.60
Error	73.15	54	1.35			
Total	101.39	59				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.34091

Error: 1.3546 gl: 54

tratamiento Medias n E.E.

	Medias	n	E.E.	
3	60.72	12	0.34	A
1	61.36	12	0.34	A B
2	61.57	12	0.34	A B
4	61.98	12	0.36	A B
5	62.68	12	0.35	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
peso huevo(sem5-6)	60	0.12	0.04	1.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	6.95	5	1.39	1.44	0.2237	
tratamiento	6.92	4	1.73	1.80	0.1427	
peso_ave(sem5-6)	0.53	1	0.53	0.55	0.4621	-1.13
Error	51.97	54	0.96			
Total	58.92	59				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.13024

Error: 0.9624 gl: 54

tratamiento Medias n E.E.

	Medias	n	E.E.	
3	60.80	12	0.28	A
4	60.83	12	0.30	A
1	61.10	12	0.28	A
2	61.44	12	0.29	A
5	61.74	12	0.29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
peso huevo(sem9-10)	60	0.11	0.03	1.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	5.92	5	1.18	1.32	0.2675	
tratamiento	5.76	4	1.44	1.61	0.1848	
peso_ave(sem9-10)	0.24	1	0.24	0.26	0.6098	-0.73
Error	48.22	54	0.89			
Total	54.14	59				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.08874

Error: 0.8930 gl: 54

tratamiento Medias n E.E.

	Medias	n	E.E.	
3	61.22	12	0.27	A
1	61.40	12	0.27	A
4	61.85	12	0.28	A
5	61.91	12	0.28	A
2	62.01	12	0.27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 9. Análisis de varianza (ANOVA) de peso de huevo sobre los tratamientos evaluados.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Postura	150	0.07	0.04	3.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42.20	4	10.55	2.70	0.0331
Trat	42.20	4	10.55	2.70	0.0331
Error	567.30	145	3.91		
Total	609.50	149			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.39566

Error: 3.9124 gl: 145

Trat	Medias	n	E.E.	
T2	52.70	30	0.36	A
T4	53.27	30	0.36	A B
T1	53.47	30	0.36	A B
T3	53.77	30	0.36	A B
T0	54.30	30	0.36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 10. Análisis de varianza (ANOVA) de producción de huevo sobre los tratamientos evaluados

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Consumo(sem5-6)	30	0.33	0.20	4.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	290.97	5	58.19	2.41	0.0664	
Tratam	215.39	4	53.85	2.23	0.0961	
peso_ave(sem5-6)	22.40	1	22.40	0.93	0.3454	11.29
Error	580.19	24	24.17			
Total	871.16	29				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.36285

Error: 24.1744 gl: 24

Tratam	Medias	n	E.E.
1	111.79	6	2.01 A
3	111.84	6	2.01 A
4	114.62	6	2.16 A
2	117.90	6	2.02 A
5	118.00	6	2.11 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
consumo(sem7-8)	30	0.33	0.19	4.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	296.97	5	59.39	2.36	0.0712	
Tratam	224.15	4	56.04	2.22	0.0968	
peso_ave(sem7-8)	57.40	1	57.40	2.28	0.1444	16.95
Error	605.25	24	25.22			
Total	902.22	29				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.54155

Error: 25.2186 gl: 24

Tratam	Medias	n	E.E.
3	109.56	6	2.05 A
1	112.18	6	2.05 A
2	114.20	6	2.05 A
5	116.82	6	2.16 A
4	116.84	6	2.16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
consumo(sem9-10)	30	0.39	0.27	4.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	387.18	5	77.44	3.10	0.0269	
Tratam	334.09	4	83.52	3.34	0.0261	
peso_ave(sem9-10)	42.37	1	42.37	1.69	0.2054	13.77
Error	600.21	24	25.01			
Total	987.39	29				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.50593

Error: 25.0087 gl: 24

Tratam	Medias	n	E.E.
3	105.22	6	2.05 A
1	106.28	6	2.04 A
5	111.29	6	2.16 A
2	112.49	6	2.04 A
4	113.38	6	2.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 11. Análisis de varianza (ANOVA) de consumo de alimento sobre los tratamientos evaluados.

conversion(sem3-4)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
conversion(sem3-4)	60	0.26	0.21	6.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.31	4	0.08	4.89	0.0019
tratamiento	0.31	4	0.08	4.89	0.0019
Error	0.86	55	0.02		
Total	1.17	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14420

Error: 0.0157 gl: 55

tratamiento	Medias	n	E.E.
1	1.80	12	0.04 A
4	1.92	12	0.04 A B
5	1.97	12	0.04 B
3	1.97	12	0.04 B
2	2.00	12	0.04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

conversion(sem7-8)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
conversion(sem7-8)	60	0.14	0.08	8.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.23	4	0.06	2.23	0.0771
tratamiento	0.23	4	0.06	2.23	0.0771
Error	1.41	55	0.03		
Total	1.64	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18422

Error: 0.0256 gl: 55

tratamiento	Medias	n	E.E.
1	1.79	12	0.05 A
3	1.91	12	0.05 A
4	1.91	12	0.05 A
2	1.94	12	0.05 A
5	1.97	12	0.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

conversion(sem5-6)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
conversion(sem5-6)	60	0.29	0.23	7.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.40	4	0.10	5.51	0.0008
tratamiento	0.40	4	0.10	5.51	0.0008
Error	1.01	55	0.02		
Total	1.41	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.15565

Error: 0.0183 gl: 55

tratamiento	Medias	n	E.E.
1	1.77	12	0.04 A
3	1.91	12	0.04 A B
4	1.94	12	0.04 B
2	1.98	12	0.04 B
5	2.00	12	0.04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

conversion(sem9-10)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
conversion(sem9-10)	60	0.24	0.18	5.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.17	4	0.04	4.32	0.0041
tratamiento	0.17	4	0.04	4.32	0.0041
Error	0.55	55	0.01		
Total	0.73	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11559

Error: 0.0101 gl: 55

tratamiento	Medias	n	E.E.
1	1.81	12	0.03 A
3	1.87	12	0.03 A B
2	1.91	12	0.03 A B
4	1.92	12	0.03 B
5	1.97	12	0.03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 12. Análisis de varianza (ANOVA) de conversión de alimento sobre los tratamientos evaluados.

abanico (sem 4)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
abanico (sem 4)	40	0.73	0.70	5.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23.65	4	5.91	23.99	<0.0001
Columnal	23.65	4	5.91	23.99	<0.0001
Error	8.62	35	0.25		
Total	32.28	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71361

Error: 0.2464 gl: 35

Columnal Medias n E.E.

	n	E.E.	
2	8.25	0.18	A
4	8.88	0.18	A
5	9.63	0.18	B
1	10.00	0.18	B C
3	10.38	0.18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

abanico (sem 10)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
abanico (sem 10)	40	0.98	0.91	8.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.40	4	3.85	5.39	0.0017
Columnal	15.40	4	3.85	5.39	0.0017
Error	25.00	35	0.71		
Total	40.40	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.21493

Error: 0.7143 gl: 35

Columnal Medias n E.E.

	n	E.E.	
2	9.63	0.30	A
1	10.00	0.30	A B
4	10.38	0.30	A B C
5	10.86	0.30	B C
3	11.38	0.30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 13. Análisis de varianza (ANOVA) de color de yema según abanico de color sobre los tratamientos evaluados.

L(sem4)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L(sem4)	40	0.10	0.00	2.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.89	4	0.97	0.96	0.4424
Tratam	3.89	4	0.97	0.96	0.4424
Error	35.55	35	1.02		
Total	39.44	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.44876

Error: 1.0187 gl: 35

Tratam Medias n E.E.

	n	E.E.	
4	35.23	0.36	A
1	35.47	0.36	A
5	35.64	0.36	A
2	36.80	0.36	A
3	36.05	0.36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

a(sem4)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a(sem4)	40	0.87	0.85	8.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.40	4	2.10	56.85	<0.0001
Tratam	8.40	4	2.10	56.85	<0.0001
Error	1.25	35	0.04		
Total	9.65	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.27625

Error: 0.0369 gl: 35

Tratam Medias n E.E.

	n	E.E.	
2	1.55	0.07	A
4	2.24	0.07	B
1	2.50	0.07	B C
5	2.58	0.07	C
3	2.92	0.07	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

b(sem4)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b(sem4)	40	0.24	0.15	6.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.21	4	1.80	2.76	0.0431
Tratam	7.21	4	1.80	2.76	0.0431
Error	22.90	35	0.65		
Total	30.12	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.16289

Error: 0.6544 gl: 35

Tratam Medias n E.E.

	n	E.E.	
4	11.27	0.29	A
1	11.41	0.29	A B
5	11.86	0.29	A B
2	12.00	0.29	A B
3	12.45	0.29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 14. Análisis de varianza (ANOVA) de color de yema (a*) según CIE lab.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grosor de cáscara	80	0.35	0.31	7.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	4	0.01	10.07	<0.0001
Trat	0.03	4	0.01	10.07	<0.0001
Error	0.06	75	8.3E-04		
Total	0.10	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02842

Error: 0.0008 gl: 75

Trat	Medias	n	E.E.	
T2	0.36	16	0.01	A
T4	0.38	16	0.01	A B
T1	0.38	16	0.01	A B
T3	0.39	16	0.01	B C
T0	0.42	16	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 15. Análisis de varianza (ANOVA) de grosor de cáscara según los tratamientos evaluados.

ANEXO – Panel fotográfico



Foto 1. Pesado de huevos y de gallinas.



Foto 2. Recojo de producción de huevo



Foto 3. Evaluación de la calidad de huevo



Foto 4. Evaluación de la calidad de huevo