



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



CONSTANCIA DE REVISIÓN

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud a la Tesis cuyo título es:

Evaluación de los residuos de verduras en la dieta sobre la producción de huevos de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

presentado por:

Ph.D. SALVADOR TASAYCO, ELÍAS

Dr. JULIO NARVAEZ REYES

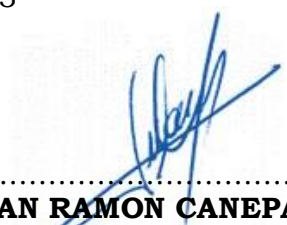
Mg. PEDRO ARANGOITIA CALLE

DOCENTES INVESTIGADORES de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 3% por el cual se otorga el calificativo de: **APROBADO**, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones: Ninguna

Ica, 28 de diciembre del 2023


.....
Dr. JUAN RAMON CANEPA ARCOS
Director de unidad de investigación
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



Título de la investigación

“Evaluación de los residuos de verduras en la dieta sobre la producción de huevos de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental”

Línea de investigación:

Salud pública y conservación del medio ambiente

Autores:

Investigador Principal

Elías Salvador Tasayco, PhD – Profesor principal a dedicación exclusiva

Equipo de investigación y filiación

Elías Salvador Tasayco, PhD – Responsable - CODIGO ORCID: 0000-0002-4298-7144

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”

Julio Manuel Narvárez Reyes, Dr. – Asociado - CODIGO ORCID: 0000-0001-7997-7065

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”

Pedro L. Arangoitia Calle, Mag. – Asociado - CODIGO ORCID: 0000-0003-1999-7587

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”

Chincha – Ica – Perú

2023

Índice de contenidos

Nº	Título	pág.
1	Portada	
2	Resumen	I
3	Abstract	II
4	Introducción	1
5	Material y métodos	12
6	Resultados	18
7	Discusión	21
8	Conclusiones	23
9	Agradecimiento	23
10	Referencias bibliográficas	23

Índice de tablas

N°	Título	pág.
1	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre la tasa de postura, ingestión de alimento y conversión de alimento de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	18
2	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre la eficiencia energética bruta, peso y masa de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	19
3	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre el peso vivo corporal inicial y final de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	19
4	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre unidad Haugh, color de yema e índice de yema de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	20
5	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre el peso de cáscara y porcentaje de cáscara de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	20
6	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre el color de cáscara y resistencia a rotura de cáscara de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	21
7	Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre costo de alimentación, margen bruto y retribución económica de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental	21

RESUMEN

“Evaluación de los residuos de verduras en la dieta sobre la producción de huevos de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental”

Salvador Elías^{1*}; Narváez Manuel²; Arangoitia Pedro³

¹Laboratorio de investigación en nutrición R & D; ²Departamento Académico de Medicina Veterinaria;

³Departamento Académico de Producción Animal - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”- Perú

Se llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de residuos de verduras como la harina deshidratada de col y beterraga en la dieta sobre la producción, calidad de huevo y costo de alimentación de gallinas de postura, como estrategia de sostenibilidad ambiental. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de investigación en nutrición R & D – FMVZ – UNICA-PERÚ. Se utilizaron 80 gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown de 75 semanas de edad, criados en jaulas de 2 niveles. Las aves se dividieron en 2 grupos y recibieron una dieta convencional (DC) y una dieta con la inclusión de 2% de harina de residuos de verduras (HDRV), cada tratamiento tuvo 5 repeticiones y fueron distribuidos aleatoriamente. Se evaluaron características como producción de huevos (PH), consumo de alimento (CA), conversión alimenticia (ICA), masa de huevo (MH), unidad Haugh (UH), índice de yema (IY), porcentaje de cáscara (PC), resistencia a rotura de cáscara (RRC), costo de alimentación, margen y retribución económica. Se utilizó el procedimiento GLM de SAS v 9.4 para los análisis estadísticos (ANVA y Tukey). Los indicadores de producción de huevos, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) (Cuadro 1). Las principales características de calidad de huevo como unidad Haugh, índice de yema, porcentaje de cáscara y resistencia a rotura de cascara fueron estadísticamente similares ($P>0.05$) en ambos grupos (Cuadro 2). El costo de alimentación fue más bajo para el grupo de gallinas que consumieron la HDRV y con alto margen y retribución económica comparado al grupo convencional. Se concluye que la inclusión de 2% de HDRV en la dieta de gallinas de postura mantiene la respuesta productiva sin afectar la calidad de huevo y mejoran el costo de alimentación, margen y retribución económica.

Palabras claves: residuo, gallinas, huevo, sostenibilidad ambiental

ABSTRACT

“Evaluation of vegetable residues in the diet on the production of eggs from laying hens as an environmental sustainability strategy”

Salvador Elías¹ *; Narváez Manuel²; Arangoitia Pedro³

¹Nutrition Research Laboratory R&D; ²Academic Department of Veterinary Medicine; ³Academic Department of Animal Production - Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the National University “San Luis Gonzaga” - Perú

A study was carried out with the objective of evaluating the effect of vegetable residues such as dehydrated cabbage and beet flour in the diet on the production, egg quality and feeding cost of laying hens, as an environmental sustainability strategy. The experiment was carried out in the R & D Nutrition Research Laboratory – FMVZ – UNICA-PERÚ. 80 laying hens of the DEKALB Brown genetic line, 75 weeks old, raised in 2-level cages, were used. The birds were divided into 2 groups and received a conventional diet (CD) and a diet with the inclusion of 2% vegetable residue meal (HDRV), each treatment had 5 repetitions and were randomly distributed. Characteristics such as egg production (PH), feed consumption (CA), feed conversion (ICA), egg mass (MH), Haugh unit (HU), yolk index (IY), shell percentage (PC) were evaluated. , resistance to shell breakage (RRC), feed cost, margin and economic remuneration. The GLM procedure of SAS v 9.4 was used for statistical analyzes (ANVA and Tukey). The indicators of egg production, feed consumption, feed conversion and egg mass were not significantly affected ($P>0.05$) (Table 1). The main egg quality characteristics such as Haugh unit, yolk index, shell percentage and resistance to shell breakage were statistically similar ($P>0.05$) in both groups (Table 2). The feeding cost was lower for the group of hens that consumed the HDRV and with a high margin and economic reward compared to the conventional group. It is concluded that the inclusion of 2% of HDRV in the diet of laying hens maintains the productive response without affecting egg quality and improves feed cost, margin and economic remuneration.

Keywords: residue, layers, egg, environmental sustainability

I. INTRODUCCION

1.1 Residuos de vegetales

La inclusión de desechos como componentes del alimento en las raciones avícolas utilizando métodos de procesamiento apropiados ayudará a reducir el costo total de producción avícola y la contaminación ambiental, y contribuirá positivamente al crecimiento de los pollos de engorde. Después de seguir los procedimientos de los métodos de procesamiento apropiados de los desechos de frutas, debe usarse como fuente de ingrediente alternativo en las raciones para aves de corral. El calentamiento, la cocción, el vapor y el secado al sol se encuentran entre los métodos utilizados para el secado de dichos desechos. Se puede recomendar que, mediante el uso de un método de procesamiento apropiado, la incorporación de estos desechos como ingredientes de alimentos en las raciones avícolas de acuerdo con el nivel de inclusión recomendado ayuda a reducir el costo total de producción avícola y la contaminación ambiental (1).

1.2 Composición nutricional de residuos vegetales

En la tabla 1 se presentan los resultados de un estudio (2) de la col.

Tabla 1: Composición química de los residuos de hojas de col secas (base de materia seca)

Componentes	Concentración
Ceniza (%)	12.10
proteína cruda (%)	14.00
FDN (%)	18.90
FDA (%)	16.90
Grasa (%)	2.00
Energía Bruta (Mcal/Kg)	4.00
Ca (%)	3.20
P (%)	0.30
Mg (%)	0.20
K (%)	0.20
Na (%)	0.10
α -tocoferol ($\mu\text{g/g}$)	639.10
Ácidos grasos (% del total de AG)	
C14:0	0.74
C14:1	0.57
C16:0	29.5
C16:1	0.32
C18:0	1.99
C18:1	8.25

C18:2	23.85
C18:3	34.68

Fuente: Mustafa and Baurhoo (2018)

1.3 Manejo de los residuos

La mayor parte de los residuos de alimentos (RA) generados por las actividades comerciales y la mayoría de los RA domésticos se recogen como parte de los residuos generales, que se incineran o se depositan en vertederos. Existe un interés creciente en la recolección de RA como una corriente de desechos separada y su uso para la producción de compost o la recuperación de energía a través de la digestión anaeróbica (DA) o la pirólisis (3). También puede ser utilizado como alimento para los animales domésticos.

1.4 Residuos de alimentos y contaminación ambiental

Según reporte, alrededor de un tercio de los alimentos destinados al consumo humano se pierden o desperdician en la cadena de suministro de alimentos (4).

Las pérdidas económicas por este desperdicio corresponden a un valor de producción de 750 000 millones de USD (5).

Lo más preocupante es que según The World Bank (6) las pérdidas de estos residuos representan el 6,8 % de las emisiones mundiales anuales de gases de efecto invernadero (GEI).

1.5 Residuos de vegetales como fuente de fibra para las gallinas de postura

Se puede producir alimento para animales a partir de desechos de alimentos (7). En los últimos años, ha habido un cambio de actitud hacia la industria que reconoce el valor de ciertos tipos y cantidades de fibra en las dietas avícolas, y el uso de fibra dietética ha sido revisado debido a sus beneficios potenciales sobre la salud intestinal, el desarrollo gastrointestinal, el rendimiento y bienestar de las aves (8). Los residuos de vegetales son buenas fuentes de fibra.

La inclusión de fibra puede reducir el pH en el tractogastrointestinal. La reducción del pH mejora la solubilidad de la piedra caliza en la dieta, lo que aumenta la disponibilidad de calcio para la absorción. Este mecanismo puede ser beneficioso para la producción de ponedoras, particularmente en la puesta tardía cuando la resistencia de la cáscara comienza a disminuir (8).

Según estudios, hay efectos perjudiciales cuando la inclusión de fibra alcanza niveles superiores al 10 %, y la mayoría de los beneficios parecen encontrarse con tasas de inclusión de alrededor del 5 al 7 %. El uso de una cantidad limitada de fibra es beneficioso tanto para la salud de las aves como para el rendimiento productivo. Por lo general, las fuentes de fibra son económicas y, por lo tanto, existe la posibilidad de reducir los costos de producción. Asimismo, los beneficios de la inclusión de fibra parecen apoyar el mantenimiento de un microbioma saludable. Como tal, existe un potencial adicional para el uso de una mayor inclusión de fibra para respaldar una producción eficiente y rentable (8). En esta línea la inclusión de residuos de verduras como fuente de fibra sería beneficioso.

1.6 Estudios preliminares

Mustafa and Baurhoo (2), evaluaron el efecto de dietas con residuos de hojas secas de col (DCR) sobre la producción de huevo, componentes del huevo y concentraciones de ácidos grasos, colesterol y α -tocoferol del huevo y la digestibilidad total aparente del tracto (ATTD). Este estudio concluye que se puede alimentar a ponedoras hasta en un 12% de DCR sin efectos adversos en los parámetros de producción y puede mejorar la utilización total de nutrientes del tracto y la calidad del huevo.

Hu et al. (9) realizaron un experimento utilizando dietas hasta con 9% de harina de hojas y tallos de brócoli a las ponedoras y no encontraron ningún efecto sobre el consumo de alimento, la producción de huevos o la eficiencia alimenticia.

Según resultado de estudio de Nisar et al. (10), las espinacas, las papas y las coliflores son las verduras que no han mejorado ni mejorado la tasa nutricional de la carne, sino que también han mejorado la calidad del color y el sabor de la carne de los pollos de engorde. Su estudio concluye que la suplementación dietética de desechos vegetales tuvo un buen efecto sobre el rendimiento del crecimiento a una concentración del 25% en el tratamiento dietético (T2).

1.7 Problema

Actualmente las empresas avícolas del rubro de producción de huevos se encuentran afrontando diversos desafíos que afecta la producción y costo de alimentación en la producción de huevos como consecuencia del incremento de los precios de las principales materias primas que se utilizan en las formulas alimenticias como son el maíz, torta de

soya, subproducto de trigo principalmente. Por otro lado, existe un desabastecimiento de ciertos ingredientes que perjudican más el tema de costos. Esta situación genera la necesidad de reevaluar otras alternativas para contribuir a mejorar los costos de los alimentos.

En la región de Ica se concentra la mayor población de gallinas de postura comercial, por lo que ocupa el primer puesto en la producción de huevo del Perú. Esto es de mucha significancia ya que contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria de nuestra población aportando con fuentes de proteína animal con alto valor biológico para nuestros niños, jóvenes, adultos, gestantes y ancianos. En este sentido, cualquier desafío de nuestra industria afecta directamente la alimentación y salud de nuestra población.

El desperdicio de alimentos (DA) es un recurso que contiene nutrientes valiosos. Además, los DA eliminados a través de vertederos e incineración pueden generar emisiones nocivas de gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global y otros impactos ambientales (3).

Según Mustafa and Baurhoo (2) reportan que, al igual que con otras hortalizas, se genera una gran cantidad de residuos durante la cosecha, el envasado y el procesamiento de Col en Canadá. Se ha estimado que alrededor del 30 % de la producción total de repollo se desecha como desecho, que consiste principalmente en hojas (11). A medida que aumenta la producción de repollo, hay un aumento concomitante en la cantidad de residuos producidos (2).

1.8 Justificación e importancia

Este estudio es de interés porque va a demostrar la viabilidad que los residuos de alimentos como las verduras puede ser utilizado en la alimentación de las gallinas de postura. En nuestras condiciones de crianza a nivel comercial no existe información acerca de este tema que es de importancia en la industria avícola, por lo que, de acuerdo con los resultados se tendría una alternativa técnica para su utilización.

Este estudio es un modelo de economía circular de la producción avícola que a través del reciclaje de residuos de verduras tiene un impacto económico favorable para la industria avícola de la región.

Los desperdicios de alimentos se pueden evitar en toda la cadena de suministro de alimentos. Los residuos alimentarios evitables normalmente se tiran a los vertederos. Los

desechos de alimentos, si se procesan y utilizan de la manera correcta, pueden consistir en un alto contenido de nutrientes y energía (10), lo que puede ser reciclado y utilizados en la alimentación de gallinas de postura.

Los costos de alimentación constituyen una gran parte (alrededor del 70%) de los costos de producción en la industria avícola. Por esta razón, se llevan a cabo varias investigaciones para cumplir con los crecientes requisitos de alimentación y reducir el costo de la alimentación. Uno de los temas importantes enfatizados en estos estudios es investigar el potencial de fuentes alternativas de alimento para ser utilizadas en la nutrición avícola (1).

El presente estudio está relacionado con la producción de alimentos (huevos) para consumo humano a partir de fuentes nutricionales que normalmente se desperdician o eliminan contaminando el medio ambiente, por lo que, tiene un impacto en la seguridad alimentaria y sostenibilidad del medio ambiente. La producción de alimentos frescos debe aumentar en más del 58 % para 2050 para satisfacer la demanda de alimentos frescos de la creciente población urbana. El aumento del reciclaje de desechos alimentarios es una parte importante para lograr este objetivo (3).

Los estudios en ciencia Veterinaria están fundamentados en el concepto de “Una salud” (One health) que involucra la salud animal, salud humana y salud del medio ambiente. El presente estudio se integra dentro de este concepto, que finalmente tiene como fin asegurar que las actividades que se realicen fortalezcan la salud pública y bienestar humano.

La evaluación de nuevas alternativas de ingredientes no convencionales de bajo costo contribuirá a mejorar las eficiencias económicas de esta industria haciéndola mas competitiva y rentable.

Tanto en el circuito de producción y el consumo se generan desperdicios de verduras y que a la larga van a afectar el ambiente y son recursos que se pierden. La inclusión de estos desperdicios de verduras en las dietas de gallinas de postura podría ser una estrategia importante para reducir de manera efectiva la huella de carbono de la producción de huevos para consumo humano.

El procesamiento y utilización adecuada de desperdicios de verdura reduciría la perdida de recursos que irían a contaminar el ambiente por lo que conlleva a reducir el impacto

ambiental de la producción de huevos para consumo humano. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es un tema de interés para la sostenibilidad ambiental.

El manejo apropiado y organizado de los desechos de alimentos no solo produce productos útiles y energéticos, sino que también minimiza el impacto sobre el medio ambiente (12).

Los desechos vegetales son de fácil acceso, se encuentran en todas partes y también tienen una alta fuente de nutrientes para que los pollos de engorde aumenten el peso corporal, tengan carne de buena calidad y proporcionen antioxidante a los pollos de engorde (13).

En la época actual es de gran interés que se le de la importancia debida al manejo de los residuos contaminantes, ya que según Toyomizu et al. (14) considera que una de las maneras de contribuir a la mejora de las deficiencias y al manejo de la reducción de los gases de efecto invernadero es la reutilización de los desperdicios.

La reutilización de residuos de verduras combinados a base de harina deshidrata de col y beterraga en la dieta de gallinas de postura mantiene la producción, sin afectar la calidad de huevo, pero mejora el costo de alimentación de producción de huevo y es una estrategia viable que contribuye a la sostenibilidad ambiental en la región de Ica.

En esta línea se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto combinado de residuos de verduras como la harina deshidrata de col y beterraga en la dieta sobre la producción, calidad de huevo y costo de alimentación de gallinas de postura. Además, evaluar la reutilización de residuos de verduras como la harina deshidratada de col y beterraga en la alimentación de gallinas de postura como estrategia viable que contribuye a la sostenibilidad ambiental

II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Procesamiento y producción de harina de los desperdicios de verduras como materia prima de alimento para gallinas de postura

- a. Obtención de los desperdicios de verduras: se obtuvo de los diferentes mercados de la provincia de Chíncha y hogares familiares
- b. Selección: se realizó una selección de cada residuo para clasificar y eliminar residuos en mal estado

- c. Desinfección: las muestras de residuos seleccionados se sometieron a un proceso de desinfección con cloro.
- d. Deshidratado. se utilizó una estufa para deshidratar. Se realizaron pruebas para definir la temperatura y tiempo.
- e. Análisis de tamaño de partícula de muestras (granulometría)
- f. Evaluación de características sensoriales (color, olor, sabor y textura)
- g. Molienda de las muestras
- h. Almacenado de las muestras

2.2 Valoración nutricional de los residuos de verduras

Análisis químico proximal (humedad, materia seca, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno)

2.3 Prueba experimental:

Se llevó a cabo en la unidad de investigación, enseñanza y extensión en gallinas de postura y el Laboratorio de investigación en nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Comprendió los siguientes procedimientos:

a. Tamaño de muestra de las gallinas experimentales:

Se calculó en base al estimador GRANMO (16) que generó un tamaño de muestra mínimo de 60 gallinas, pero por mayor disponibilidad se utilizaron 80 gallinas de postura.

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisaron 28 sujetos en el primer grupo y 28 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior a 2 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 2.5. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 10%.

b. Técnicas e instrumentos de la recolección de información:

Para la recolección de los datos se hizo uso de una libreta de apuntes cuadriculado y una Tablet. Los datos se registraron en hojas de cálculo de Excel y cada semana de duración de las pruebas se realizaron los cálculos respectivos para cada variable en evaluación.

c. Lugar de ejecución:

El presente experimento se llevó a cabo en el galpón de enseñanza, investigación y extensión en gallinas de postura y el Laboratorio de Investigación en Nutrición R & D de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” - ICA – Ex - Fundo Hijaya Chincha – Ica – Perú.

d. Equipos y materiales:

d1. Análisis y proceso:

- Estufa para deshidratación de las muestras
- Mufla para determinar el contenido de ceniza
- Potenciómetro para medición de pH de las muestras
- Balanza electrónica de precisión
- Equipo de extracción de lípidos (Extractor Soxhlet)
- Vasos de precipitación
- Reactivos

d2. Prueba experimental:

- Galpón de crianza
- Jaulas
- Comederos
- Bebederos
- Molino
- Mezcladora de alimento

e. Formulación del alimento balanceado:

Se formularon 2 tipos de alimento balanceado de acuerdo con cada uno de los grupos de tratamientos. La fórmula se hizo de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la línea genética de gallinas de postura DEKALB Brown. Para la formulación de las dietas se utilizó el software de formulación Feedsoft professional 3.1

f. Alimentación de las aves

La alimentación fue *ad – libitum*, de acuerdo con la recomendación de la línea genética.

g. Programa sanitario y de manejo:

Todas las aves en prueba recibieron un programa sanitario, alimentación, manejo y condiciones ambientales similares, siguiendo los protocolos que normalmente se emplean bajo las condiciones de granja.

h. Tratamientos del estudio

T-1: Alimento convencional (testigo)

T-2: Alimento con harina deshidratada de residuos de verduras (col y beterraga)

i. Diseño estadístico:

Los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria de acuerdo con las especificaciones de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Se utilizó como mínimo 5 repeticiones (bloques) y 8 gallinas por unidad experimental.

j. Modelo matemático del experimento:

Modelo aditivo lineal:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varphi_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

φ_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

$$\varphi_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2).$$

k. Variables evaluadas

Variable independiente:

Tipos de residuos de verduras:

- a. Residuos de col
- b. Residuos de beterraga

Análisis de los residuos de verduras

- a. Análisis químico proximal de los residuos

Variables dependientes:

Índices productivos:

- **Tasa de producción:**

Se calculó en base a la proporción (%) de la cantidad de huevos producidos diariamente en relación con la cantidad de gallinas de postura en cada repetición del tratamiento o unidad experimental.

- **Ingestión de alimento:**

Se determinó en base a la diferencia de la cantidad de alimento ofrecido diariamente y el alimento sobrante por cada 24 horas por cada unidad experimental. Se da en gramos de consumo por gallina por día.

- **Conversión alimenticia:**

Se calculó en base a la relación de la ingesta de alimento por gallina/día y la masa de huevo producido diariamente.

- **Conversión calórica:**

Se calculó en base a la relación del consumo de energía metabolizable por gallina y la masa de huevo producido diariamente.

- **Peso de huevo:**

Es el peso diario de cada huevo producido por las gallinas de postura.

- **Masa de huevo:**

Se calculó como el producto de la tasa de puesta y el peso de huevo

- **Peso vivo corporal de las gallinas:**

Se pesaron cada una de las gallinas por cada repetición al inicio y al final de la prueba experimental.

Calidad de huevo:

- **Unidad Haugh:**

Se calculó en base a la altura de albumen en relación con el peso de huevo de acuerdo con la metodología de Eisen *et al.* (15):

$$HU = 100 \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.57)$$

Dónde: HU=Unidad Haugh; H=altura del albumen en mm, W=peso del huevo en gramos; 7,57= factor de corrección para la altura de albumen; 1,7= factor de corrección para el peso del huevo.

El análisis se llevó a cabo con el equipo digital egg tester 6500 - DET (JAPON)

- **Color de yema de huevo:**

Se mide en base al abanico colorimétrico de color de yema (DSM) que presenta una escala de color de 0 a 16.

- **Índice de la yema:**

Se calculó en base a la relación de la altura de la yema (mm) y el diámetro de la yema (mm).

- **Peso de la cáscara:**

Se determinó con el peso de la cáscara de cada uno de los huevos provenientes de las gallinas que representa a las repeticiones de los tratamientos

- **Porcentaje de cáscara:**

Se calculó en base a la relación del peso de la cáscara de huevo y el peso del huevo.

- **Color de cáscara:**

Mide la intensidad de color de la cáscara de huevo marrón con el uso del score de color que presenta una escala de 0 a 10.

- **Resistencia a la rotura de cáscara:**

Se determinó en base a la fuerza que se ejerce sobre el huevo para romper la cascara. Se realizó con el uso del equipo DET 6500 (JAPON)

Análisis económico:

- Margen sobre el costo de alimentación (MSCA) (S/Kg de masa de huevo):se calculó por la diferencia entre el precio de venta de 1 kg de masa de huevo menos el costo de

alimentación para producir el Kg de masa de huevo. El costo de alimentación es el resultado del costo del Kg de alimento por la cantidad de alimento utilizado por kg de masa de huevo producido.

- Retribución económica (%): está referido al porcentaje del margen sobre el costo de alimentación de un grupo experimental cuando se compara con otros grupos.

I. Análisis estadístico:

El análisis de los datos de respuesta productiva y calidad de huevo se realizó haciendo uso del procedimiento general lineal de SAS Versión 9.4 (17) (SAS Institute Inc., Cary, NC). Cada una de las repeticiones (cada casillero o jaula) se establece como la unidad experimental base para la prueba. Los datos se analizaron mediante un análisis de T-Student independiente para las variables paramétricas y análisis de Wilcoxon para las variables no paramétricas. Se complementará con un análisis de varianza (ANOVA unidireccional) y las medias se separarán mediante la prueba de rango múltiple de Tukey. Las diferencias se considerarán estadísticamente significativas en $P < 0,05$. Los datos se expresarán como medias \pm DE para cada una de las variables evaluadas.

III. RESULTADOS

Según análisis, las harinas de residuos de verduras (col y beterraga) fue de 12.98% de humedad, 10.4% de proteína cruda, 14.28% de ceniza y 1.56% de extracto etéreo.

Respecto a la respuesta productiva, según se aprecia en la tabla 1, la tasa de puesta, ingesta de alimento y la conversión alimenticia no fueron afectados significativamente ($P > 0.05$) por la inclusión de residuos de verduras en las dietas de las gallinas de postura.

Tabla 1: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre la tasa de postura, ingestión de alimento y conversión de alimento de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Tasa postura (%)	Ingesta alimento (g/día)	Conversión alimento (g/g)
T-1: convencional	83.91 \pm 1.73	126.03 \pm 1.30	2.23 \pm 0.15
T-2: residuo verduras	84.52 \pm 0.73	125.03 \pm 2.29	2.19 \pm 0.14
Probabilidad			
P-value	0.7540 ^{NS}	0.4203 ^{NS}	0.6838 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 2 se aprecia que la eficiencia energética, peso y masa de huevo no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) por la inclusión de residuos de verduras en las dietas de las gallinas de postura.

Tabla 2: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre la eficiencia energética bruta, peso y masa de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Eficiencia energética (Mcal/Kg)	Peso de huevo (g/huevo)	Masa de huevo (g/día)
T-1: convencional	6.13 ±0.43	67.56 ±4.43	56.68 ±3.76
T-2: residuo verduras	6.02 ±0.39	67.73 ±4.19	57.23 ±3.30
Probabilidad			
P-value	0.6838 ^{NS}	0.9536 ^{NS}	0.8134 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 3 se aprecia que el peso vivo corporal al final del estudio no fue afectado significativamente ($P>0.05$) por la inclusión de residuos de verduras en las dietas de las gallinas de postura.

Tabla 3: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre el peso vivo corporal inicial y final de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Peso vivo inicial (Kg)	Peso vivo final (g)
T-1: convencional	1970.80 ±64.28	2007.80 ±52.43
T-2: residuo verduras	1970.60 ±39.34	2020.60 ±41.33
Probabilidad		
P-value	0.9954 ^{NS}	0.6795 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 4 se aprecia que las características de unidad Haugh, color de yema e índice de yema no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) por la inclusión de residuos de verduras en las dietas de las gallinas de postura.

Tabla 4: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre unidad Haugh, color de yema e índice de yema de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Unidad Haugh	Color de yema	Índice de yema
	(unidades)	(score)	(relación)
T-1: convencional	90.54 ±2.76	7.00 ±0.70	0.406 ±0.010
T-2: residuo verduras	90.96 ±1.83	7.20 ±0.44	0.412 ±0.009
Probabilidad			
P-value	0.6015 ^{NS}	0.6056 ^{NS}	0.3443 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 5 se aprecia que las características de peso de cáscara y porcentaje de cáscara no fueron afectadas significativamente ($P>0.05$) por la inclusión de residuos de verduras en las dietas de las gallinas de postura.

Tabla 5: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre el peso de cáscara y porcentaje de cáscara de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Peso de cáscara	Porcentaje de cáscara
	(g)	(%)
T-1: convencional	6.94 ±0.45	10.00 ±1.03
T-2: residuo verduras	7.04 ±0.16	10.53 ±0.42
Probabilidad		
P-value	0.6606 ^{NS}	0.2506 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 6 se aprecia que las características de color de cáscara y resistencia a la rotura de cáscara no fueron afectadas significativamente ($P>0.05$) por la inclusión de residuos de verduras en las dietas de las gallinas de postura.

Tabla 6: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre el color de cáscara y resistencia a rotura de cáscara de huevo de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Color de cáscara	Resistencia a rotura de cáscara
	(g)	(KgF)
T-1: convencional	7.52 ±0.65	4.61 ±0.76
T-2: residuo verduras	7.40 ±0.81	4.52 ±0.59
Probabilidad		
P-value	0.8340 ^{NS}	0.8475 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 7 se aprecia que el costo de alimentación, margen bruto sobre costo de alimentación y la retribución económica fueron mejores para la dieta con la inclusión de residuos de verduras.

Tabla 7: Efecto de los residuos de verduras en la dieta sobre costo de alimentación, margen bruto y retribución económica de gallinas de postura como estrategia de sostenibilidad ambiental

Tratamientos	Costo de alimentación	Margen bruto	Retribución económica
	(S/Kg)	(S/)	(%)
T-1: convencional	3.568	21.87	100.00
T-2: residuo verduras	3.482	22.61	103.38

IV. DISCUSION

Según los resultados obtenidos, la inclusión de residuos de verduras en las dietas de gallinas de postura en términos de rendimiento mantiene la respuesta productiva y calidad de huevo, mientras que en términos económicos mejora en 3.38% la retribución económica. Este hallazgo demuestra que la utilización de residuos de verduras (col y beterraga) es útil y de importancia que contribuye a la rentabilidad en la producción avícola. Este modelo debe ser validado a nivel comercial y luego evaluar la posibilidad del procesamiento de estos desperdicios para generar disponibilidad en la zona y ser utilizada en la industria avícola.

En términos del medio ambiente, este resultado indica que la utilización de residuos de verduras que normalmente van al vertedero y son contaminantes y que generan gases de efecto invernadero, pueden ser utilizados en la alimentación de gallinas de postura, por lo que se convierte en una estrategia efectiva para reducir la contaminación y contribuye a la sostenibilidad ambiental.

Según Dao et al (18) existe un interés renovado en utilizar los desechos de alimentos como alimento para animales debido a sus beneficios potenciales para reducir el costo de los piensos y el impacto ambiental al tiempo que mejora la seguridad alimentaria mundial.

La cadena de valor agroalimentaria se puede cambiar ampliamente para lograr prácticas agrícolas más sostenibles, siendo la recuperación de los recursos naturales uno de los aspectos más relevantes. En este campo, la valorización de los desperdicios y pérdidas agroalimentarios (SWL) y subproductos agroalimentarios mediante su recuperación y reutilización es un desafío en todo el mundo y, principalmente, en los países en desarrollo, donde se pueden explorar técnicas para agregar valor a estos residuos utilizando sólo los recursos disponibles. Actualmente, varias empresas alimentarias están implementando sistemas de reciclaje sostenible de biomasa SWL agroalimentaria, produciendo alimentos, medicamentos, compuestos biológicamente activos, biomateriales y promoviendo la generación de energía sostenible. Los residuos agroalimentarios son fuentes valiosas de compuestos de interés, como proteínas, compuestos fenólicos y vitaminas, entre otros, conocidos por sus efectos beneficiosos para la salud y el bienestar humano. Las frutas y verduras son una de las principales fuentes de nutrientes y compuestos bioactivos, a partir de las cuales cada año se generan enormes cantidades de residuos. Por ello, se han desarrollado diferentes estrategias de reutilización y desarrollo de nuevos productos, fomentando su reutilización en el sector alimentario, farmacéutico y medioambiental. La lechuga, la zanahoria y el brócoli se encuentran entre las verduras más consumidas en el mundo, a partir de las cuales se generan grandes cantidades de residuos a lo largo de la cadena de suministro alimentario. Sin embargo, los carotenoides, los compuestos fenólicos y la fibra dietética, entre otros, se pueden recuperar de sus residuos y subproductos, con miras a su reintroducción en la industria alimentaria y en otros sectores (19).

Nuestro estudio concuerda con los resultados encontrados por Dao et al. (18) quienes examinaron la eficacia del alimento reciclado a base de desechos de alimentos para el

rendimiento de las gallinas ponedoras, la calidad del huevo y la digestibilidad de los nutrientes. Los tratamientos fueron: un alimento estándar/control a base de trigo, sorgo y harina de soya; un alimento a base de residuos de alimentos reciclados; y una mezcla 50:50 de control y alimento basado en residuos de alimentos. Las gallinas a las que se les ofrecieron dietas basadas en desperdicios de alimentos tuvieron un peso de huevo, una producción de huevos al día y una masa de huevos similares. Sin embargo, fue diferente en algunas variables, en dicho estudio se encontró un menor consumo de alimento y una mayor eficiencia alimenticia, en comparación con aquellas alimentadas con las dietas de control ($P < 0,001$). Las gallinas alimentadas con dietas con residuos de alimentos mostraron una menor resistencia a la rotura de la cáscara y un menor grosor de la cáscara en la semana 34, y una mayor puntuación del color de la yema y una mayor digestibilidad de la grasa en comparación con el tratamiento de control en la semana 43 ($P < 0,001$). Ellos concluyen que la alimentación con alimento a base de residuos de alimentos reciclados mantuvo la producción de huevos y al mismo tiempo mejoró la eficiencia alimenticia en comparación con el pienso de control.

V. CONCLUSIONES

La inclusión de residuos de verduras en la dieta de gallinas de postura es una estrategia efectiva para mejorar los costos de alimentación sin alterar la respuesta productiva ni calidad de huevo de gallinas de postura. La utilización de residuos vegetales que normalmente contaminan con gases de efecto invernadero a nuestro ambiente ha demostrado ser una estrategia de sostenibilidad ambiental.

VI. AGRADECIMIENTO

A los estudiantes integrantes del semillero de investigación Club IDI en Ciencia Avícola & Nutrición, por su apoyo en el desarrollo del presente estudio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Yeniçeri M, Filik AG, Filik G. The Effect of Some Selected Fruit Wastes for Poultry Feed on Growth Performance of Broilers. Review Article/Derleme Makalesi. 2022; 1(1): 33-41.
2. Mustafa AF, Baurhoo B. Evaluation of dried vegetable residues for poultry: III Effects of feeding cabbage leaf residues on laying performance, egg quality, and apparent total tract digestibility. J. Appl. Poult. Res. 2018; 27:145–151 <http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfx031>

3. Siddiqui Z, Hagare D, Jayasena V, Swick R, Rahman MM, Boyle N, Ghodrat M. Recycling of food waste to produce chicken feed and liquid fertiliser, *Waste Management*. 2021; 131: 386-393, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.06.016>
4. Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Otterdijk VR, Meybeck, A. Global Food Losses and Food Waste. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011.
5. FAO. Food Wastage Footprint Impacts on Natural Resources. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy. 2013.
6. The World Bank. Total Greenhouse Gas Emissions (Kt of CO2 Equivalent).2016. Available: Web link: <http://www.data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE>
7. Sugiura K, Yamatani S, Watahara M, Onodera T. Ecofeed, animal feed produced from recycled food waste. *Veterinaria Italiana*. 2009; 45 (3): 397 – 404.
8. Desbruslais A, Wealleans A, Gonzalez-Sanchez D, di Benedetto M. Dietary fibre in laying hens: a review of effects on performance, gut health and feather pecking, *World's Poultry Science Journal*. 2021; 77(4):797-823, DOI:10.1080/00439339.1960236
9. Hu C, Zou A, Wang D, Pan H, Zheng B, Quin Z, Zou X. Effects of broccoli stems and leaves meal on production performance and egg quality of laying hens. *Anim. Feed Sci. and Technol*. 2011; 170:117–121
10. Nisar MS, Zahra A, Iqbal MF, Bashir MA, Yasin R, Samiullah K, Aziz I, Saeed S, Alasmari A, Elsaid FG, Shati AA, Al-Kahtani MA, Naseem F, Fatima M, Ahmed F. Effect of Vegetable Waste on Growth Performance and Hematology of Broiler Chicks. *Hindawi BioMed Research International*. 2022; Article ID 4855584, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/4855584>
11. Choi MH, Park YH. Production of yeast biomass using waste Chinese cabbage. *Biomass and Bioenergy*. 2003; 25:221–226.
12. Garcia AJ, Esteban MB, Marquez MC, Ramos P. Biodegradable municipal solid waste characterization and potential use as animal feed-stuffs. *Waste Management*. 2005; 25: 780–787.
13. Omenka RO, Anyasor GN. Vegetable-based feed formulation on poultry meat quality. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2010; 10(1):2001–2010.

14. Toyomizu M. Increasing animal performance through nutritional methods and control of heat stress for lowering greenhouse gas emissions. Graduate School of Agricultural Science! TOHOKU University, Japan. 2019;1-23.
15. Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Sci.* 1962; 41:1461-1468
16. GRANMO. Calculadora para determinar tamaño de muestra. 2023
17. Statistical Analysis System, Institute. User's Guide: Statistics. Version 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2023; 1-230.
18. Dao HT, Sharma NK, Swick RA, Moss AF. Feeding recycled food waste improved feed efficiency in laying hens from 24 to 43 weeks of age. *Sci Rep.* 2023 May 22;13(1):8261. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34878-2>
19. Rodrigues JPB, Liberal Â, Petropoulos SA, Ferreira ICFR, Oliveira MBPP, Fernandes Â, Barros L. Agri-Food Surplus, Waste and Loss as Sustainable Biobased Ingredients: A Review. *Molecules.* 2022; 27, 5200. <https://doi.org/10.3390/molecules27165200>