



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>

# 1.CALIXTO MENDOZA BRENDA MARIEL - TESIS PARA TITULO - 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

# 15%

INDICE DE SIMILITUD

## FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unica.edu.pe Internet	726 palabras — 7%
2	eliasnutri.files.wordpress.com Internet	335 palabras — 3%
3	pt.scribd.com Internet	158 palabras — 2%
4	www.actualidadavipecuaria.com Internet	109 palabras — 1%
5	revistaalfa.org Internet	57 palabras — 1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Internet	51 palabras — 1%
7	1library.co Internet	31 palabras — < 1%
8	hdl.handle.net Internet	19 palabras — < 1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**



**“Comparación de dos modelos de predicción del  
requerimiento de energía metabolizable en gallinas de  
postura”**

Línea de investigación de la Facultad:

Producción animal

Línea de investigación de la Universidad:

Salud pública y conservación del medio ambiente

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**AUTOR**

**BRENDA MARIEL CALIXTO MENDOZA**

**Ica, Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi madre en primer lugar por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera profesional y toda mi vida. En memoria de mis abuelos Juana y Luciano, que siempre me dieron sus consejos de superación en todo mi transcurso de mi vida.

A mi tía Graciela, por creer en mí y ser un modelo de superación, a mi enamorado por haberme dado ánimos, apoyado y ayudado durante todo este largo camino.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi madre por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me has tenido. A mi hermana por siempre animarme, motivarme y darme tus consejos. A mi tía Graciela por la confianza de superación que siempre me has dado. A mi enamorado por sus ánimos, apoyo y ayuda en este camino.

A mi asesor el Ing. Elías Salvador Tasayco, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Al club IDI por su apoyo y ayuda para desarrollar esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Lugar y fecha de ejecución .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Materiales .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Instalaciones .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Metodología experimental .....</b>	<b>11</b>
2.5.1 Alimentación y formulación de las dietas .....	11
2.5.2 Programa sanitario de manejo .....	11
2.5.3 Tratamientos experimentales .....	11
2.5.4 Diseño experimental .....	11
2.5.5 Modelo matemático .....	11
<b>2.6 Variables e indicadores .....</b>	<b>12</b>
<b>2.7 Análisis estadísticos .....</b>	<b>13</b>
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>28</b>

**VII. BIBLIOGRAFÍA .....29**  
**VIII. ANEXO .....32**



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre la producción de huevos (PRH), consumo de alimento (CA) e índice de conversión alimenticia (ICA) de gallinas de postura.....	14
Tabla 2. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre la eficiencia energética bruta (EEB), peso de huevo (PH) y masa de huevo (MH) de gallinas de postura .....	17
Tabla 3. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el peso vivo inicial (PVi) y final (PVf) de gallinas de postura .....	18
Tabla 4. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre unidad Haugh (UH) y color de yema (CY) de huevo de gallinas de postura.....	19
Tabla 5. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre índice de yema (IY) y porcentaje de cascara (PC) de huevo de gallinas de postura .....	20
Tabla 6. Efecto de dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el costo de alimentación (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura.....	21
Tabla 7. Efecto de dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el margen bruto (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre la producción de huevos de gallinas de postura .....	15
Figura 2. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el consumo de alimento de gallinas de postura .....	16

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Fórmulas de las dietas balanceadas utilizadas .....	32
ANEXO II: Resultados de análisis estadísticos .....	35
ANEXO III: Fotos del proceso del experimento .....	59
ANEXO IV: Modelos utilizados .....	64

## RESUMEN

### “Comparación de dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable en gallinas de postura”

**INTRODUCCIÓN:** El principal rubro de costo económico de una dieta es la energía, se hace necesario precisar adecuadamente la cantidad de energía metabolizable (EM) que se debe proporcionar a las gallinas de postura para sostener una tasa de producción de huevos adecuado, calidad de huevo y que sea viable económicamente. **OBJETIVO:** Evaluar 2 modelos de predicción del requerimiento energético de gallinas de postura y características de calidad de huevo, respuesta productiva y económica. **MÉTODOS:** Se utilizaron gallinas de postura de la línea DEKALB Brown de 85 semanas de edad. Se utilizaron 3 tratamientos: Modelo NRC (T-1), Modelo ROSTAGNO (T-2) y recomendación de la línea genética DEKALB Brown (T-3). Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales. Se evaluaron las variables como producción de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, eficiencia energética, peso y masa de huevo, peso vivo, unidad Haugh, pigmentación de yema, índice de yema, porcentaje de cascara, costo de alimentación, margen bruto y retribución económica. **RESULTADOS:** Las características de respuesta productiva y calidad de huevo no fueron afectadas significativamente ( $P>0.05$ ) a excepción del consumo de alimento que fue diferente estadísticamente ( $P<0.05$ ). El costo de alimentación, margen y retribución económica fue mejor para el modelo de predicción de EM de Rostagno et al. **CONCLUSIÓN:** El modelo de predicción de EM de Rostagno *et al.*, es una herramienta que predice el requerimiento de EM y consumo de alimento con precisión y económicamente rentable.

**Palabras claves:** requerimiento, energía, modelos, dietas, huevo, producción, gallinas.

## ABSTRACT

### **“Comparison of two prediction models of metabolizable energy requirement in laying hens”**

INTRODUCTION: The main item of economic cost of a diet is energy, it is necessary to adequately specify the amount of metabolizable energy (ME) that must be provided to laying hens to sustain an adequate egg production rate, egg quality and that it is economically viable. OBJECTIVE: To evaluate 2 prediction models of the energy requirement of laying hens and characteristics of egg quality, productive and economic response. METHODS: 85-week-old DEKALB Brown laying hens were used. Three treatments were used: NRC Model (T-1), ROSTAGNO Model (T-2) and recommendation of the DEKALB Brown genetic line (T-3). A Completely Randomized Block Design (RCDB) was used. Each of the treatments had 5 repetitions, giving a total of 15 experimental units. Variables such as egg production, feed intake, feed conversion, energy efficiency, egg weight and mass, live weight, Haugh unit, yolk pigmentation, yolk index, shell percentage, feed cost, gross margin and economic compensation. RESULTS: The characteristics of productive response and egg quality were not significantly affected ( $P>0.05$ ) except for feed consumption, which was statistically different ( $P<0.05$ ). Feed cost, margin, and economic reward were better for the EM prediction model of Rostagno *et al.*, (1). CONCLUSION: The ME prediction model of Rostagno *et al.*, (1) is a tool that predicts ME requirement and feed intake accurately and economically.

**Keywords: energy, requirement, models, diets, egg, production, hens.**

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad de producción avícola juega un rol importante en el desarrollo económico, seguridad alimentaria y nutricional de nuestra sociedad. Sin embargo, frecuentemente se ve afectada por diferentes factores propios del proceso de producción. En la industria de producción de huevos para consumo humano actualmente los precios de los 2 principales ingredientes que se utilizan en las dietas avícolas, el maíz y torta de soya, se ha incrementado, lo que encarece las fórmulas e impactando en los costos de producción de huevos.

En este panorama se requiere evaluar algunas estrategias nutricionales para reducir el impacto que genera el incremento de los precios de los ingredientes. En esta línea, dado que el principal rubro de costo económico de una dieta es la energía, se hace necesario precisar adecuadamente la cantidad de energía metabolizable (EM) que se debe proporcionar a las gallinas de postura para sostener una tasa de producción de huevos adecuado, calidad de huevo y que sea viable económicamente. Generalmente las líneas genéticas hacen recomendaciones acerca de niveles de EM en la dieta y cantidad de alimento, sin embargo, hay diversos factores que influyen sobre el requerimiento de EM real, por lo tanto, es relativo. Existen algunos modelos matemáticos que incluyen factores como peso vivo, temperatura ambiental, ganancia de peso y masa de huevo, bajo las condiciones de una granja avícola. Esta estrategia, podría generar información más precisa acerca del requerimiento energético real de las gallinas de postura, lo que conlleva a un manejo más eficiente del programa de alimentación y establecer cantidades de alimento ajustada a sus necesidades diarias, mejorando las eficiencias y los costos de alimentación.

En el último semestre del año 2021 y 2022 los precios de los principales ingredientes de una dieta como es el maíz y la torta de soya se han incrementado considerablemente, lo que ha ocasionado un aumento del costo de las dietas y del costo de alimentación por kg de masa de huevo producido afectando negativamente la rentabilidad. Tomando como base que el alimento representa del 65 al 75% de los gastos de producción de huevos y la energía representa al menos el 60% de los costos de alimento (2). La energía, por lo tanto, es un factor de importancia a tomar en cuenta. Dependiendo de la necesidad de la cantidad de EM/día/gallina se puede definir la cantidad de alimento que se debe proporcionar a las aves. Si bien, las líneas genéticas recomiendan un nivel de EM en la dieta y un nivel de consumo de alimento, sin embargo, estas referencias son muy relativas, ya que el

requerimiento real es influenciada por diferentes factores como el peso corporal del ave, temperatura del ambiente, ganancia de peso vivo y masa de huevo, entre otros, por lo que se requiere aplicar métodos que consideren estos factores y tener información más precisa y cercana a los requerimientos energético de las aves bajo las condiciones de granja.

La energía de la alimentación es particularmente importante porque en las dietas que contienen cantidades adecuadas de todos los nutrientes requeridos, la eficiencia de la utilización de los alimentos depende del contenido energético de la dieta (3).

Existe también una amplia gama de niveles de energía alimentaria (2684 a 2992 kcal de energía metabolizable [EM] / kg) que actualmente utiliza la industria del huevo (4). Un estudio con niveles de EM creciente de 2680 a 2810 kcal / kg muestra una disminución de la ingesta de alimento en un 5%, manteniendo inalterada la producción y la masa de huevos (5). Del mismo modo, otro estudio con niveles crecientes de EM de 2700 a 2910 kcal/kg se encontró una disminución del 5% en la ingesta de alimento y una producción similar de huevos (6).

### **Antecedentes**

Piozzi da Silva et al, (7) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de establecer la mejor ingesta de energía metabolizable (EM) para las ponedoras y el mejor nivel de adición de aceite vegetal en la dieta para optimizar la producción de huevo. Se utilizaron 432 ponedoras Hisex Brown de 30 semanas de edad. Las aves se distribuyeron en nueve tratamientos con seis repeticiones de ocho aves cada una de acuerdo con un arreglo factorial  $3 \times 3$ , que consta de tres ingestas diarias de energía metabolizable (280, 300 o 320 kcal / ave / día) y tres niveles de aceite (0,00; 0,75 y 1,50 g / ave / día). La ingesta diaria de alimento se limitó a 115, 110 y 105 g / ave con el fin de obtener la energía deseada y la ingesta de aceite en cada tratamiento. Se evaluaron los siguientes parámetros: peso inicial, peso final, cambio de peso corporal, producción de huevos, masa de huevos, índice de conversión alimenticia por docena de huevos y por masa de huevo y conversión de energía. No hubo influencia de los tratamientos en la producción de huevos (%) ni en la masa de huevos (g / ave / día). El peso final y el cambio de peso corporal se vieron afectados significativamente por el aumento de la ingesta energética. El índice de conversión de alimento por masa de huevo, el índice de conversión de alimento por docena de huevos y la conversión de energía empeoraron significativamente en función del aumento en la ingesta diaria de energía. Una ingesta energética de 280 kcal / ave / día sin adición de aceite dietético no afecta el rendimiento de las ponedoras.

Un estudio de Singh (8) sobre diferentes niveles de EM en la dieta de gallinas ponedoras, encontraron que las líneas genéticas ISA Brown y Hy-line Brown fueron eficientes en ajustar la ingesta de alimento para mantener la ingesta de energía cuando se alimentaron con dietas que variaban en

contenido de EM y densidad flotante o fija en un rango limitado [11 a 12,2 MJ / kg (2627-2914 kcal / kg) en incrementos de 0,3 MJ / kg (cinco niveles de ME)]. Según los resultados, la ingesta diaria de energía aumentó a medida que aumentaba el nivel de energía de la dieta, aunque el consumo diario de alimento disminuyó a medida que aumentaba el nivel de energía de la dieta. Claramente, las aves no pudieron compensar por completo una ingesta constante de energía a medida que aumentaba el nivel de energía de la dieta. Esta ingesta extra de energía no influyó en el desempeño de las aves. Ambas líneas genéticas “consumieron en exceso” energía cuando se les administró dietas que contenían 11,2 MJ / kg. Una interpretación razonable de los resultados es que los cambios en la ingesta de alimento se atribuyeron principalmente al nivel de EM en la dieta, mientras que la densidad de la dieta tuvo poca influencia en la ingesta de alimento. El efecto aparente de la densidad sobre otros criterios de rendimiento probablemente se debió a las diferencias en el contenido de grasa de las dietas. La recomendación actual del criador para la energía dietética para las gallinas ISA Brown de 11.6-11.8 MJ y para Hy-line Brown de 11.2-11.9 parece ser satisfactoria en las condiciones de Queensland (Australia). Los resultados de este experimento dan confianza a los nutricionistas que desarrollan dietas de costo mínimo para gallinas ponedoras. Demuestra la capacidad del ave para ajustar su consumo de alimento de acuerdo con el nivel de energía de la dieta cuando se le da un conjunto similar de circunstancias ambientales. La manipulación de la densidad de nutrientes y el nivel de energía de la dieta, de acuerdo con los cambios en el valor relativo de las materias primas en el mercado, es una forma importante de minimizar los costos diarios de alimentación. No se puede enfatizar demasiado la importancia de conocer el consumo diario de alimento de las aves (o el consumo diario de energía requerido) de modo que la densidad de nutrientes y el nivel de energía se puedan ajustar para asegurar una ingesta adecuada de nutrientes críticos para mantener el rendimiento de las aves y minimizar los excedentes de nutrientes.

El requerimiento diario de energía metabolizable y su división en sus diversas fracciones son de importancia tanto científica como económica. El requerimiento de EM se puede fraccionar en la energía asociada con el mantenimiento, la energía asociada con los cambios en el peso corporal (crecimiento) y la energía asociada con la producción de huevos. El requerimiento de energía de mantenimiento es un término equivalente a la producción total de calor. Las porciones de calor producidas son necesarias para a) el mantenimiento de la tasa metabólica basal, b) la actividad y c) el incremento de calor. Como no se dispone de información precisa sobre la tasa metabólica basal, el incremento de calor y la actividad en condiciones prácticas, esta producción de calor total se denomina energía de mantenimiento (9).



### **Requerimiento energético en gallinas de postura**

El requerimiento de energía metabolizable de las gallinas de postura depende de múltiples factores, tanto factores internos y externos. Los factores internos están relacionados con el genotipo, los factores ambientales incluyen estrategias de alimentación, temperatura ambiente, efecto estacional, estrés y alojamiento (10).

Las aves son homeotérmicas, lo que significa que mantienen una temperatura corporal profunda relativamente constante. La energía juega un papel importante en el mantenimiento de la temperatura corporal y la producción, también es importante para el crecimiento y la producción de huevos. Tradicionalmente, existen dos categorías de costos energéticos para los animales, los asociados con el mantenimiento y los relacionados con la producción. El requerimiento mantenimiento considera el metabolismo basal, termogénesis adaptativa, termogénesis dietética y actividad física. El requerimiento de producción considera la energía dentro de los productos y la termogénesis asociada con su síntesis (3).

El requerimiento total de energía de un ave está determinado por una gran cantidad de factores. Los nutricionistas utilizan lo que se conoce como enfoque factorial para determinar el requerimiento total de energía de un animal, y esto se puede representar mediante la siguiente ecuación: energía total = energía de mantenimiento + energía reproductiva + energía de crecimiento. Los animales maduros, que tienen una capacidad relativamente grande para alimentación, generalmente consumirán suficientes carbohidratos y grasas para satisfacer sus necesidades energéticas totales. En el caso de los animales en crecimiento, su capacidad para ingerir grandes cantidades de alimentos es limitada y, como resultado, deben alimentarse con alimentos con mayor contenido energético (densidad). Se puede lograr una mayor densidad energética en una dieta añadiendo grasas o utilizando fuentes de proteínas de alta calidad, como soya cocida o harina de pescado. Una vez que la energía ha sido digerida y absorbida, se utiliza para todos los fines descritos anteriormente. El animal almacena algo de energía como glucógeno (una forma de glucosa) tanto en el músculo como en el hígado. El animal dispone de glucógeno como energía instantánea: cualquier cantidad adicional de energía se deposita en forma de grasa. En las aves de corral, se mantiene un depósito de grasa subcutánea normal, pero si se ingieren cantidades excesivas, la grasa se almacena en forma de almohadilla de grasa abdominal. Hay que tener en cuenta que el exceso de energía no se puede excretar de la misma forma que el exceso de proteína, por lo que solo se puede convertir en grasa. si las reservas de grasa de los animales están llenas, la mayoría de las veces se reducirá la ingesta de alimento y, por lo tanto, la ingesta de energía (3).

### **Requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento de gallinas de postura**

Por calorimetría indirecta, la necesidad de energía para mantenimiento de las gallinas ponedoras es alrededor de  $400 \text{ kJ} / \text{w}^{0.75}$  (11,12,13). De Groot (14) encontró que los requerimientos de energía para mantenimiento varían entre 414 y 556  $\text{kJ} / \text{w}^{0.75}$ . Estudios sobre predicción de la ingesta de energía metabolizable (EM) en gallinas leghorns blancas, se encontró que los requerimientos de energía para mantenimiento fueron 561-568  $\text{kJ/d}$  (15). Mientras que Reid et al, (16) encontraron que las necesidades energéticas para mantenimiento eran de 464,4  $\text{kJ} / \text{d}$  en gallinas leghorn blancas.

Las prácticas de manejo, así como los regímenes nutricionales, pueden afectar el requerimiento de mantenimiento. En las instalaciones más cálidas, las ponedoras necesitan menos energía de su alimento porque gastan menos energía en mantener la temperatura corporal. La selección genética también puede afectar la cantidad de alimento necesaria para el mantenimiento. Con aves criadas para tasas más altas de producción de huevos, hay una disminución en el requerimiento de mantenimiento en relación con los huevos producidos. A una tasa de producción de huevos del 100 por ciento (es decir, un huevo por gallina por día), se deben cumplir los requerimientos de mantenimiento durante los 12 días necesarios para producir una docena de huevos; a una tasa del 75 por ciento de producción de huevos, se deben cumplir 16 días de requerimientos de mantenimiento para obtener una docena de huevos. El tamaño corporal también afecta los requerimientos de mantenimiento (17).

### **Requerimiento para producción de huevos**

Los factores nutricionales pueden afectar la cantidad de alimento necesaria para producir huevos. Independientemente de la precisión del ajuste de energía, las gallinas comen menos un alimento de alto contenido energético y nutricionalmente equilibrado que uno de bajo contenido energético para producir una docena de huevos. Ahora que se pueden producir huevos con menos alimento, a los nutricionistas se les ha permitido, o en ocasiones obligados, a formular dietas de manera diferente a como lo hacían hace varios años. Generalmente, se asume que los requerimientos diarios de nutrientes de una gallina, además de energía, no cambian por el nivel de consumo de alimento. Si esto es correcto, entonces la diferencia en la composición entre la dieta de una ponedora que come 80 g de pienso por día y la dieta de una que ingiere 120 g de pienso por día debería ser de unos 40 g de ingredientes que aportan energía. Pero las diferencias en el consumo diario de alimento pueden causar la necesidad de diferencias dramáticas en la concentración de nutrientes en la dieta, si las dietas se formulan para suministrar una cantidad específica de nutrientes, además de energía, cada día (17).

### **Eficiencia de utilización de la energía**

Un estudio donde se evaluaron diferentes niveles de aceite de soya (1, 2 y 3%) y niveles de energía metabolizable (2600, 2750 y 2900 kcal / kg) en dietas de ponedoras, se encontró que el nivel de energía más baja (2600 EM / kg) promovió la mejor utilización de la energía y los demás nutrientes de la dieta. En este estudio la inclusión de hasta un 3% de aceite de soya no fue suficiente para mejorar las conversiones de energía, por lo que no se obtuvo una mejora significativa en la utilización, como lo demuestra la falta de efecto en la producción de huevo o en el peso del huevo y sus componentes (cáscara de huevo, yema y albúmina) (18).

### **Métodos de estimación del requerimiento energético**

Los diferentes métodos utilizados para estimar el requerimiento de energía para la producción se pueden clasificar en dos categorías: métodos empíricos y factoriales. Los métodos empíricos se basan en mediciones del comportamiento animal a niveles dados de ingesta energética y, a menudo, se han utilizado para evaluar las necesidades energéticas para la producción de huevos. El método factorial se basa en la separación de los procesos metabólicos que contribuyen al requerimiento energético. El requerimiento de energía se calcula como una suma de energía requerida para el mantenimiento y la producción, insertando valores fijos para el requerimiento de mantenimiento y una eficiencia general de utilización de energía para el crecimiento y la producción de huevos (19).

### **Modelos matemáticos**

Los métodos actuales de estimación de las necesidades nutricionales son dosis-respuesta o métodos factoriales, donde hay la necesidad de definir la distribución de nutrientes, la ingesta y el potencial de crecimiento del animal en estos modelos (20).

### **Modelo N.R.C.**

Se han desarrollado ecuaciones para predecir la energía requerida por las aves durante la producción de huevos (21,22). Estas ecuaciones utilizan los requerimientos energéticos esperados de las gallinas en relación con el peso corporal, la masa diaria del huevo, el cambio en el peso corporal y la temperatura ambiente para predecir un requerimiento energético diario total. Las necesidades energéticas derivadas de dichos cálculos se pueden utilizar para estimar la ingesta diaria de pienso relacionando las necesidades energéticas de la gallina con la concentración de energía alimentaria. Sin embargo, las dietas para gallinas ponedoras se pueden formular con mayor precisión sobre la base de los datos de ingesta de alimento obtenidos con frecuencia (cada 1 a 2 semanas) para lotes individuales (17).

Se han sugerido varias fórmulas para predecir las necesidades energéticas diarias de las aves. La ecuación utilizada fue tomada en cuenta del informe del consejo nacional de investigación (22):

$$\text{EM por gallina al día} = W^{0.75} (173 - 1.95T) + 5.5 \delta W + 2.07 \text{ EE}$$

donde

W = peso corporal (kg),

T = temperatura ambiente (° C),

$\delta W$  = cambio en el peso corporal (g / día)

EE = masa de huevo diaria (g)

Un programa de alimentación por fases ajusta la ingesta diaria de nutrientes de acuerdo con los requerimientos esperados para el mantenimiento y la producción de huevos. Generalmente, la ingesta diaria de proteínas, aminoácidos y fósforo se reduce con cada fase subsiguiente. La ingesta diaria de calcio generalmente aumenta con cada fase. Por tanto, las concentraciones dietéticas de estos nutrientes se modifican en consecuencia. No se ha establecido la validez científica del concepto de alimentación por fases. Sin embargo, los niveles relativamente bajos de consumo de alimento durante la producción temprana de huevos requieren el uso de altas concentraciones de nutrientes en las dietas durante esta fase de producción (17).

### **Modelo ROSTAGNO**

Existen varios factores que pueden alterar los requerimientos nutricionales de las aves, como: raza, genética, sexo, consumo de ración, nivel energético de la dieta, disponibilidad de los nutrientes, temperatura ambiente, humedad del aire y estado sanitario, entre otros. Este modelo ha desarrollado ecuaciones para estimar los requerimientos diarios de Energía Metabolizable-Aves (EM), llevando en consideración parámetros que puedan ser medidos fácilmente, como peso vivo, ganancia de peso y productividad (masa de huevo). Para facilitar su uso, el efecto de la temperatura sobre el requerimiento de EM fue simplificado, sin embargo, esta corrección debe ser aplicada solamente dentro de ciertos límites de temperatura media diaria, por encima o por debajo de la temperatura de confort (aproximadamente  $\pm 6$  °C), ya que valores más altos pueden afectar el desempeño y sobreestimar las correcciones del consumo y los niveles nutricionales. Para el desarrollo de las ecuaciones de requerimientos de EM, fueron utilizadas las informaciones de varias tesis de la UNESP (Jaboticabal, SP), de la UFV y del libro recientemente publicado por Sakomura y Rostagno (23). Conociendo el nivel de EM-Aves de la ración, es posible estimar el consumo a través de la relación entre el requerimiento de EM y el contenido energético de la dieta. Se debe resaltar, que cuando las aves reciben alimento “*ad libitum*”, el consumo de ración y principalmente la conversión alimenticia en gran parte, dependen del nivel de energía. Sería prácticamente imposible fijar un nivel de energía para cada tipo de ración avícola. Este nivel debe variar de acuerdo con los precios de los ingredientes

de las raciones y de los productos avícolas. Por ejemplo, si fuera posible obtener aceite a precio razonable, sería recomendado adoptar niveles superiores de energía. Por otra parte, si un alimento con bajo nivel de energía presenta una buena disponibilidad y un buen precio, deberían formularse raciones con un nivel más bajo de energía. La preocupación no es solo la elaboración de una fórmula de ración de mínimo costo. Lo importante es obtener una fórmula que permita la producción de carne y huevo a un costo más bajo (1).

Ecuación Utilizada para Estimar el Requerimiento de Energía Metabolizable-Aves (EM) de Gallinas Ponedoras de Huevos Blancos y Marrones:

$$EM \text{ (kcal/ ave/ día)} = 113 P^{0.75} + 6,68 G + 2,4 \text{ Huevo}$$

$$\text{Corrección por temperatura} = 2,6 P^{0.75} (TN - T)$$

P = Peso corporal (kg); G = Ganancia de peso (g/ave/día);

Huevo = Masa de huevo (g huevo/ave/día) = % postura/100 x peso huevo

T=Temperatura media (°C); TN=Temperatura termo neutra (°C) = 20°C

Fue considerada la temperatura termo neutra (TN) y amplitud térmica (AT) de:

TN = 20°C, AT = 16 - 27°C. Valores más altos de Amplitud Térmica pueden afectar el desempeño y sobre-estimar las correcciones del consumo y los niveles nutricionales.

Considerando la EM de la ración de 2900 kcal/kg para ponedoras de huevos blancos y de 2850 kcal/kg para ponedoras de huevos marrones

Ecuación adaptada de las informaciones de Sakomura y Rostagno (23).

### **Predicción del consumo de alimento**

Los modelos que intentan optimizar la alimentación de las gallinas ponedoras y reproductoras deben ser capaces de predecir la ingesta voluntaria de alimentos. Cuando esta variable es un insumo para el modelo, como suele ser el caso, es ingenuo creer que los programas de alimentación se pueden optimizar con éxito, cuando la composición de los alimentos ofrecidos tiene efectos tan importantes sobre la ingesta voluntaria de alimentos. Por lo tanto, la ingesta de alimentos debe ser un resultado de un modelo y no un insumo. Un animal en reproducción necesita recibir nutrientes para cumplir con los requerimientos de mantenimiento del cuerpo y reproducción (24).

La teoría de la ingesta de alimentos y el crecimiento propuesta por Emmans (25, 26) las aves consumen su alimento en base a su crecimiento, lo que implica que intentan comer tanto de un alimento dado como sería necesario para crecer en esa tasa. El mismo principio se puede aplicar a las gallinas ponedoras (27). Para calcular las necesidades diarias de energía y nutrientes de una gallina ponedora, es necesario conocer su peso proteico (para el mantenimiento) y la producción potencial de proteínas y lípidos (en huevos). Al comparar estos requerimientos con el contenido de nutrientes en el alimento, se puede determinar la ingesta de alimento 'deseada': esta es la cantidad de

alimento que se necesitaría para cumplir con el requerimiento del primer nutriente limitante en el alimento (25). Es posible que el ave no sea capaz de consumir esta cantidad de alimento, posiblemente su ingesta se vea limitada por el volumen del alimento o por la incapacidad de perder suficiente calor generado al medio ambiente. En este caso, la ingesta de alimento será menor que la deseada y el rendimiento se verá comprometido. Se ha demostrado que esta teoría predice la ingesta de alimentos y, por lo tanto, el crecimiento y la composición de la canal con considerable precisión (28, 29, 30).

La idea errónea de que "las aves comen para satisfacer sus necesidades energéticas" es claramente ingenua y no tiene ningún valor para predecir la ingesta voluntaria de alimentos. Las características críticas de un modelo para predecir la ingesta de alimento en las gallinas serían las predicciones del peso de proteína corporal del ave y su producción potencial de huevos cada día, a partir de las cuales se pueden calcular los requerimientos de nutrientes para el mantenimiento y la producción; una descripción del contenido de nutrientes del pienso ofrecido; y una descripción de la temperatura efectiva del ambiente en el que se aloja el ave. Aunque el principio de predecir la ingesta de alimentos es el mismo para las aves en crecimiento y en reproducción, la descripción del crecimiento potencial y de la producción de huevos difiere notablemente entre los dos (24).

El estudio tuvo como objetivo evaluar 2 modelos de predicción del requerimiento energético de gallinas de postura y se midieron características de calidad de huevo, respuesta productiva y económica.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1 Lugar y fecha de ejecución

El experimento se llevó a cabo en el galpón experimental 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.

El estudio se llevó a cabo durante los meses de junio a octubre del 2021

#### LOCALIZACION GEOGRAFICA Y METEOROLOGICA.

Latitud .....	13°27'45''
Longitud .....	76°08'00''
Altitud .....	50 msnm
Temperatura min. promedio .....	19.25°C
Temperatura max. promedio .....	26.95°C
Humedad Relativa m. promedio.....	58.75 %
Humedad Relativa M. promedio .....	93.25 %

Fuente: Estación Meteorológica de Chincha (FONAGRO - 2019)

### 2.2 Materiales

Se utilizaron 60 gallinas de la línea genética DEKALB Brown, de 85 semanas de edad y seleccionadas en tamaño corporal uniforme.

### 2.3 Instalaciones

El material por utilizar para cada corral es malla metálica.

Cada uno de los casilleros tendrá sus bebederos y comederos individuales.

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- a. Observación
- b. Registros
- c. Hojas de cálculo de Excel
- d. Tablet

## **2.5 Metodología experimental**

Comprendió una etapa preexperimental, donde se acondiciono las instalaciones, corrales experimentales, materiales y equipos respectivos que se utilizó en la prueba, así también se tomaron las medidas necesarias de bioseguridad.

Cada uno de los casilleros experimentales tuvo un comedero y bebedero independiente para efectos de determinar el consumo del alimento y se confeccionaron registros para la toma de los datos en cada una de las variables evaluadas. La etapa experimental se inició con la aplicación de los tratamientos y diseño experimental establecido y comprendió un periodo de 9 semanas.

### **2.5.1 Alimentación y formulación de las dietas**

Se formularon tres dietas balanceadas de acuerdo con cada tratamiento. Las especificaciones de los nutrientes fueron de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura DEKALB Brown (ANEXO I).

Para la formulación de las dietas se utilizaron ingredientes alimenticios clásicos como el maíz molido, torta de soya, aceite de soya, carbonato de calcio, fosfato di cálcico y fuentes de minerales y vitaminas, así como aditivos no nutricionales.

Para la confección de las fórmulas de las dietas alimenticias se utilizó el Software de formulación OPTIMAL de AJINO MOTO (2003) y el LP máxima rentabilidad (31).

La alimentación fue controlada de acuerdo con cada modelo y la recomendación de la línea genética.

### **2.5.2 Programa sanitario 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.

### **2.5.3 Tratamientos experimentales**

T-1: Modelo del NRC (17)

T-2: Modelo de Rostagno *et al*, (1)

T-3: Recomendación de la guía genética DEKALB Brown

### **2.5.4 Diseño experimental**

Las aves experimentales fueron distribuidas siguiendo el protocolo de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales (4 gallinas por unidad experimental).

### **2.5.5 Modelo matemático**

Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

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



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

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\varphi_{ij}$  = error experimental en la unidad  $j$  del tratamiento  $i$

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

## 2.6 Variables e indicadores

### Variable independiente:

Modelos matemáticos

### Variables dependientes:

#### A. Respuesta productiva:

- Producción de huevo
- Consumo de alimento
- Conversión alimenticia
- Eficiencia energética
- Peso de huevo
- Masa de huevo
- Peso vivo corporal de las gallinas

#### B. Calidad de huevo:

#### Test de Unidad Haugh

Se determinó de acuerdo con la metodología de Eisen *et al.* (32), utilizando la siguiente fórmula:

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

#### 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 huevo primero es pesado, luego quebrado en una superficie plana y con el uso de un micrómetro se determina la altura del albumen de la parte más gruesa (clara) que rodea la yema (1 cm). Las unidades Haugh se determinan por una

relación logarítmica entre el peso del huevo y la altura del albumen. Esta evaluación mide la calidad del albumen o clara de huevo.

- **Pigmentación de la yema de huevo:** Se utilizó el abanico colorimétrico de color de yema (DSM) que presenta una escala de color de 0 a 15.
- **Índice de la yema:** altura de la yema / diámetro de la yema x 100
- **Porcentaje de cascara (%):** peso de cascara relativo al peso de huevo

### C. Análisis económico:

-Costo de alimentación

-Margen bruto

-Retribución económica

#### 2.7 Análisis estadísticos

Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron procesados estadísticamente mediante los siguientes análisis:

- Análisis de Supuestos estadísticos: Para efectuar un análisis de Varianza confiable, se deben cumplir con algunos supuestos estadísticos como: la independencia de las observaciones, homogeneidad de varianza que mide la homocedasticidad y la Normalidad que nos indicará que los valores numéricos de la variable dependiente siguen una distribución o curva normal.
- Análisis de varianza: Técnica de análisis estadístico que nos permitirá comparar los datos numéricos promedios de los tres tratamientos, consistente en dividir la variabilidad observada en componentes independientes atribuidas al efecto de los factores de tratamientos y determinar si estos valores de datos numéricos desde el punto de vista estadístico son significativamente diferentes entre los tres tratamientos.
- Análisis de Kruskal-Wallis para características no paramétricas.
- Prueba de comparación de medias de Tukey: Se aplicó para comparar los promedios de los tratamientos cuando el efecto de tratamiento es significativo a  $P \leq 0.05$ .
- Estadística descriptiva (Estadígrafos de posición y dispersión, como media aritmética, media geométrica, y desviación estándar).

Para el procesamiento de los datos y su análisis estadístico respectivo se utilizó el procedimiento del modelo general lineal (MGL) de SAS (33), versión 9.4.

Se fijó un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para los efectos de la significancia estadística.

### III. RESULTADOS

Los resultados que se presentan en la tabla 1 indican que la producción de huevos y el índice de conversión alimenticia no fueron afectados significativamente ( $P>0.05$ ) por los modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable (EM).

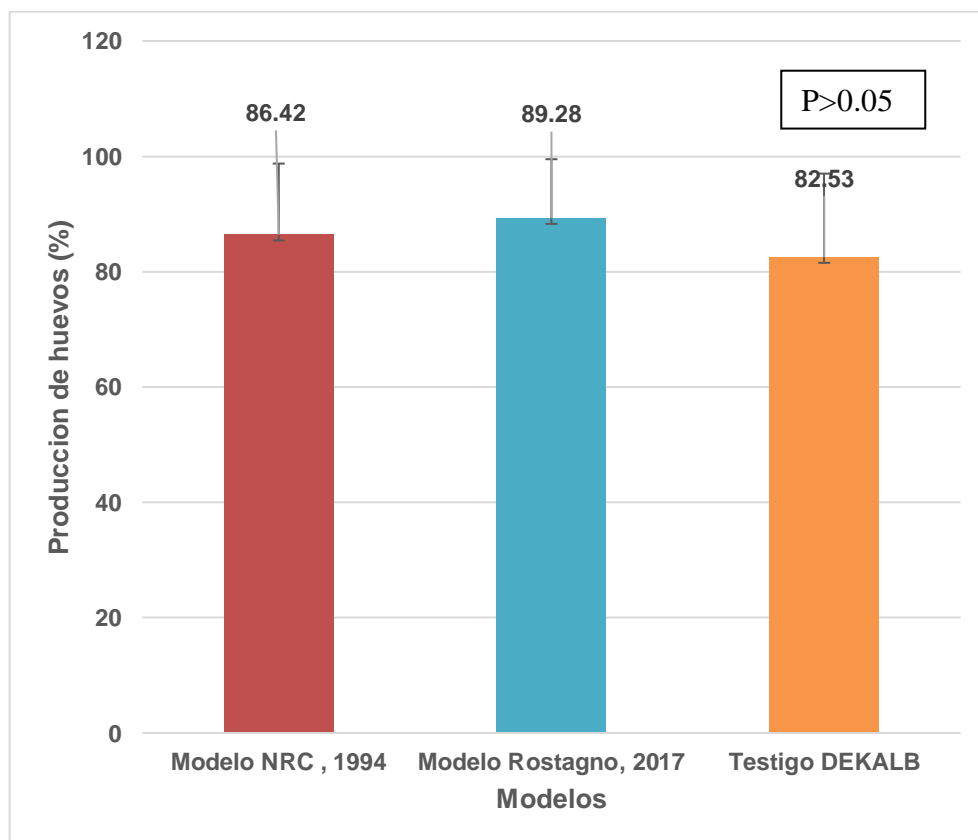
El consumo de alimento fue afectado significativamente ( $P<0.05$ ) por los modelos de predicción del requerimiento de EM. El modelo de la NRC (17) alcanzó el más alto consumo de alimento, seguido del modelo de Rostagno (1) y la recomendación de la guía DEKALB de más bajo consumo.

**Tabla 1. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre la producción de huevos (PRH), consumo de alimento (CA) e índice de conversión alimenticia (ICA) de gallinas de postura**

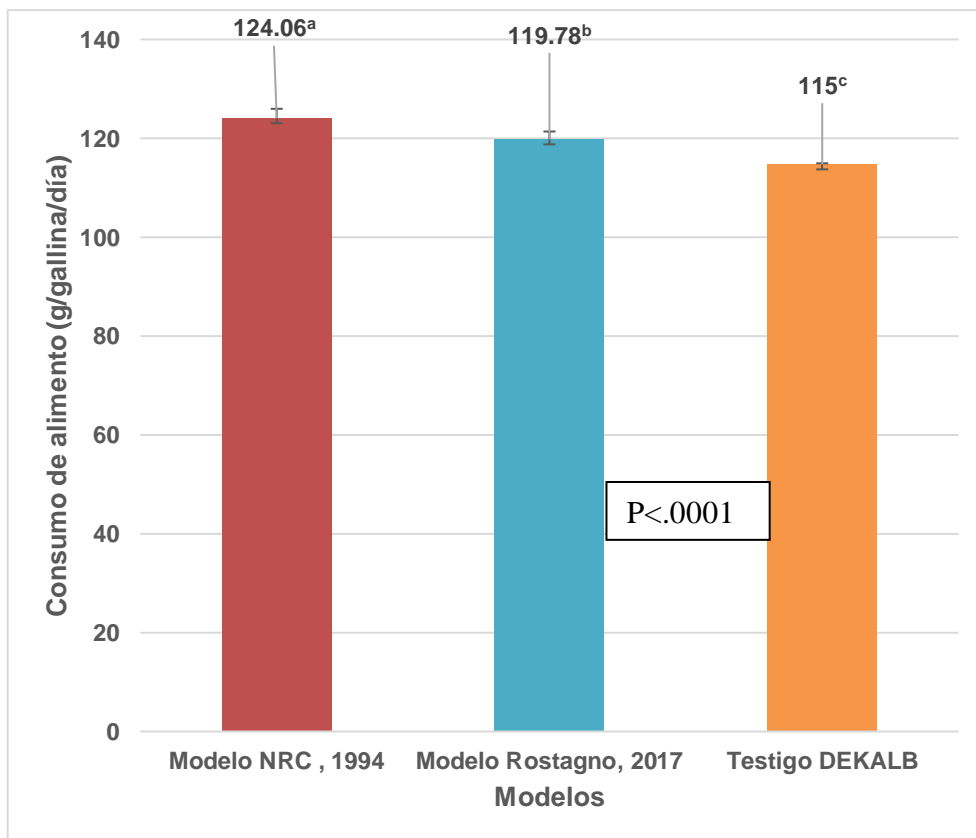
Tratamientos (MODELOS)	PRH (%)	CA (g/día)	ICA (g/g)
T-1: NRC, 1994	86.42 <sup>a</sup> ±12.32	124.06 <sup>a</sup> ±1.91	2.23 ±0.38
T-2: Rostagno, 2017	89.28 <sup>a</sup> ±10.22	119.78 <sup>b</sup> ±1.60	2.06 ±0.27
T-3: Guía DEKALB	82.53 <sup>a</sup> ±14.47	115 <sup>c</sup> ± 0.0	2.21 ±0.37
Probabilidad			
P-value	0.4357	<.0001	0.4427

**$P<0.05$  = diferencia significativa; (<sup>a,b</sup>) = Letras como superíndices diferentes entre promedios para cada variable indica diferencia significativa**

**Figura 1. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre la producción de huevos de gallinas de postura**



**Figura 2.** Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el consumo de alimento de gallinas de postura



Los resultados presentados en la tabla 2, indican que los modelos de predicción del requerimiento de EM no afectaron significativamente ( $P>0.05$ ) la eficiencia energética bruta (conversión calórica), peso de huevo y masa de huevo.

**Tabla 2. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre la eficiencia energética bruta (EEB), peso de huevo (PH) y masa de huevo (MH) de gallinas de postura**

Tratamientos (MODELOS)	EEB (Mcal/kg)	PH (g/huevo)	MH (g/g)
T-1: NRC, 1994	6.13 ±1.07	65.62 ±1.38	56.82 ±8.84
T-2: Rostagno, 2017	5.66 ±0.75	65.88 ±1.13	58.88 ±7.30
T-3: Guía DEKALB	6.06 ±1.01	64.70 ±1.96	53.23 ±8.27
Probabilidad			
P-value	0.4427	0.5966	0.2030

**P>0.05 = diferencia no significativa**

Los resultados presentados en la tabla 3, indican que los modelos de predicción del requerimiento de EM no afectaron significativamente ( $P>0.05$ ) el peso vivo final de las gallinas de postura.

**Tabla 3. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el peso vivo inicial (PVi) y final (PVf) de gallinas de postura**

Tratamientos (MODELOS)	PVi (g/ave)	PVf (g/ave)
T-1: NRC, 1994	1935 ±0.0	1918.0 ±34.08
T-2: Rostagno, 2017	1935 ±0.0	1923.2 ±80.86
T-3: Guía DEKALB	1935 ±0.0	1937.8 ±55.72
Probabilidad		
P-value	*	0.8498

**$P>0.05$  = diferencia no significativa**

**\*= Al ser los promedios iguales (T1, T2, T3) para esta variable no se ejecuta los análisis estadísticos.**

Los resultados presentados en la tabla 4, indican que los modelos de predicción del requerimiento de EM no afectaron significativamente ( $P>0.05$ ) la unidad Haugh y color de yema de huevo de las gallinas de postura.

**Tabla 4. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre unidad Haugh (UH) y color de yema (CY) de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos (MODELOS)	UH (u)	CY (u)
T-1: NRC, 1994	92.33 $\pm$ 5.32	6.85 $\pm$ 0.16
T-2: Rostagno, 2017	94.08 $\pm$ 4.44	7.05 $\pm$ 0.28
T-3: Guía DEKALB	90.64 $\pm$ 2.49	6.97 $\pm$ 0.20
Probabilidad		
P-value	0.4449	0.3129

**P>0.05 = diferencia no significativa**



Los resultados presentados en la tabla 5, indican que los modelos de predicción del requerimiento de EM no afectaron significativamente ( $P>0.05$ ) el índice de yema y porcentaje de cascara de huevo de las gallinas de postura.

**Tabla 5. Efecto de 2 modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre índice de yema (IY) y porcentaje de cascara (PC) de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos (MODELOS)	IY (u)	PC (%)
T-1: NRC, 1994	0.416 ±0.012	9.80 ±0.32
T-2: Rostagno, 2017	0.419 ±0.01	9.47 ±0.53
T-3: Guía DEKALB	0.423±0.008	9.75 ±0.28
Probabilidad		
P-value	0.4449	0.5326

**$P>0.05$  = diferencia no significativa**

La tabla 6 presenta los resultados del costo de alimentación por Kg de masa de huevo total por gallina producido en el periodo experimental. El modelo de Rostagno (1) obtuvo el mejor y más bajo costo de alimentación por kg de masa de huevo total por gallina producido en el periodo experimental y el modelo de la NRC (17) logro el más alto costo de producción por kg de masa de huevo total por gallina producido en el periodo experimental.

**Tabla 6. Efecto de dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el costo de alimentación (S/Kg masa huevo/gallina)**

Tratamientos (MODELOS)	CAT (S/)	MHT (Kg)	COSTO (S/Kg)
T-1: NRC, 1994	13.06	3.579	3.648
T-2: Rostagno, 2017	12.61	3.709	3.399
T-3: Guía DEKALB	12.108	3.353	3.6105

CAT= costo de alimentación total

MHT=masa de huevo total producido

La tabla 7 indica que el mayor margen bruto sobre costo de alimentación y retribución económica fue obtenido por el modelo de Rostagno (1) que fue 27.42% más alto que la recomendación de la guía DEKALB.

**Tabla 7. Efecto de dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable sobre el margen bruto (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura**

Tratamientos (MODELOS)	IMH (S/)	CAT (S/)	MARGEN (S/Kg)	RE (%)
T-1: NRC, 1994	17.8983	13.06	4.8383	103.06
T-2: Rostagno, 2017	18.5472	12.61	5.9372	127.42
T-3: Guía DEKALB	16.7674	12.108	4.6594	100

IMH= ingreso bruto por masa huevo

CAT=costo de alimentación total

RE= retribución económica

#### IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados del estudio se encontró que los 2 modelos de predicción de EM generaron dos dosis de requerimiento de EM que fueron 343 y 328 kcal de EM/gallina/día y dos cantidades de alimento a distribuir diariamente (124.8 y 119.2 g) para el modelo de NRC y Rostagno respectivamente. Los consumos de alimentos reales fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), siendo más alto para el modelo de la NRC con 124.06 g, seguido del modelo de Rostagno con 119.78 g, mientras que el consumo de alimento de acuerdo con la recomendación de la guía DEKALB Brown fue 115 g/gallina/día que corresponde a 316.25 kcal de EM/gallina/día. Estos diferentes consumos de alimento no afectaron la respuesta productiva ni la calidad de huevo de las gallinas de postura. Sin embargo, el modelo de Rostagno obtuvo el menor costo de alimentación por kg/masa de huevo, mayor margen y retribución económica comparado al modelo de la NRC y recomendación de la guía DEKALB Brown.

Con estos resultados, desde el punto de vista económico se comprueba la hipótesis que el método de los modelos matemáticos predice el requerimiento de EM y la cantidad de alimento a distribuir por gallina/día con mayor precisión que la recomendación convencional de la línea genética, siendo el modelo de Rostagno el método que maximiza en 27.42% la retribución económica.

Si bien, el requerimiento de EM depende de diversos factores, como por ejemplo la línea genética, peso vivo de la gallina, temperatura del medio ambiente, producción, etc., y los modelos utilizados consideran estos factores, sin embargo, es necesario la evaluación de los modelos de predicción bajo las condiciones de la granja y realizar algunos ajustes, ya que en general hay diferencias. Las estimaciones de las necesidades de energía alimentaria para la producción de huevos varían ampliamente (34). Las amplias diferencias informadas en los requerimientos pueden deberse a diferencias en el entorno o diferencias en el genotipo de las líneas genéticas utilizadas en los estudios (10).

Otros factores que influyen sobre el requerimiento de energía es el peso corporal, la tasa de aumento de peso, el tamaño y la producción de huevos (11, 35, 36, 37).

Un aspecto importante de los modelos de predicción es que en base a los factores mencionados genera un valor de consumo de alimento (salida) y no es considerado como un ingreso en la ecuación. Este alimento consumido debe tener una densidad energética óptima para cubrir las demandas de producción y ser viable económicamente, tal como se ha podido demostrar. En vista que los valores de consumo de alimento generados por los dos modelos de predicción son mayores que las recomendaciones para la línea genética, podría interpretarse como una sobrealimentación, pero no es

el caso ya que a un mayor consumo de alimento de acuerdo con las características mejora la respuesta económica tal como se ha demostrado. En este caso se debe recordar que, si bien los modelos generan un valor de consumo de alimento en base al requerimiento de EM y densidad energética de la dieta, este alimento debe cumplir con la naturaleza de una dieta balanceada, es decir que asegure el aporte de nutrientes en relación de EM.

Burnham *et al.* (38) y Gous *et al.* (39), entre muchos otros, han demostrado que los pollos de engorde y las gallinas ponedoras aumentan la ingesta de alimento a medida que se reduce el nutriente limitante en el alimento, intentando así obtener más del nutriente limitante, hasta que se alcanza una concentración dietética donde el rendimiento es tan limitado que cae la ingesta de alimentos.

Establecer la cantidad de alimento ingerido es una de las principales preocupaciones de los nutricionistas avícolas, considerando que la energía es el principal factor que controla la ingesta de alimento y que la energía dietética representa una parte considerable de los costos con la alimentación avícola (40).

Hay información limitada sobre el nivel de energía dietética ideal requerido para un rendimiento óptimo de la puesta (41). Sin embargo, independientemente del nivel de EM de la dieta, lo más indicado es precisar la cantidad de EM que debe ser abastecida diariamente a la gallina de postura para satisfacer su requerimiento energético para sostener una producción y calidad de huevo adecuado. Después de obtener la información de la cantidad de EM requerida se debe establecer un nivel de EM en la dieta y una cantidad de consumo de alimento correspondiente, ya que a mayor contenido de EM de la dieta puede afectar el consumo de alimento.

En las condiciones actuales, se tienen líneas genéticas de gallinas de postura con una mayor respuesta productiva, mayor persistencia y longevidad de puesta. Sin embargo, dentro del concepto de nutrición de precisión, dado que la energía de la dieta es el principal rubro de costo, se deben reevaluar estrategias para definir la cantidad adecuada de EM requerida por la gallina diariamente para sostener los indicadores productivos. En esta línea, los modelos matemáticos de predicción del requerimiento energético son una herramienta que podría ser de mucha utilidad para predecir el requerimiento real de EM y consecuentemente estimar el consumo de alimento diario tal como se ha demostrado.

El costo efectivo de una dieta no es su precio por tonelada sino el costo de la cantidad consumida por la parvada. La ingesta de alimento prevista determina los niveles de nutrientes costosos que deben incluirse en la dieta para cumplir con los requisitos de producción. Si la ingesta de alimento es mayor de lo esperado, se desperdiciarán nutrientes; si es menor, la ingesta de algunos nutrientes esenciales puede ser demasiada baja para soportar la producción máxima. Con líneas de aves de alta producción alimentadas con dietas bajas en EM, el consumo de energía puede ser insuficiente para mantener una producción óptima de huevos. Los niveles altos de EM en la dieta, por otro lado, pueden conducir a

una ingesta excesiva de energía que resulta en deposición de grasa, síndrome del hígado graso, reducción de la producción de huevos, mayor susceptibilidad al estrés por calor y aumento de la mortalidad (8).

El aumento de los costos de alimentación son problemas importantes en la industria avícola. Por lo tanto, los productores avícolas a menudo están interesados en proporcionar dietas bajas en energía y ricas en nutrientes para reducir los costos de producción, mientras que las dietas bajas en energía y ricas en nutrientes pueden parecer no proporcionar suficiente energía para las gallinas ponedoras. Las gallinas pueden regular su ingesta de alimento para mantener la ingesta de energía y nutrientes de acuerdo con sus requerimientos. De esta manera, las gallinas consumirán más una dieta baja en energía y nutrientes que una dieta alta en energía y nutrientes, asegurando que las calorías y los nutrientes consumidos sean suficientes. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que las gallinas, especialmente las modernas, no son precisas al ajustar su consumo de alimento, como la Hy-Line W-36, ya que solo tienen una capacidad limitada para aumentar su consumo de alimento para garantizar un consumo adecuado de energía y nutrientes. Si bien las dietas bajas en energía y ricas en nutrientes son menos costosas de comprar, es posible que no garanticen una producción óptima de huevos si las gallinas no pueden ajustar su consumo de alimento. Por otro lado, el precio de compra de las dietas bajas en energía y ricas en nutrientes puede ser sustancialmente más bajo que el de las dietas de alta densidad, si son efectivas para mantener el rendimiento de la producción de huevos a largo plazo, lo que puede generar mayores ganancias para el productor. Por lo tanto, alimentar a las gallinas ponedoras con dietas bajas en energía y ricas en nutrientes puede mejorar los rendimientos debido a un menor costo de las dietas. Sin embargo, se ha demostrado que la mayor eficiencia de las aves alimentadas con dietas ricas en energía y nutrientes puede compensar el mayor costo del alimento (42).

El modelo matemático es una herramienta que se puede utilizar para predecir los requerimientos nutricionales de las aves de corral con diferentes líneas genéticas, entornos y etapas de obtención de carne o producción de huevos. Los modelos también son útiles para describir o predecir el proceso de producción del animal (43). A partir de lo mencionado se reconoce la importancia del estudio ya que producirá información técnica relevante relacionado a dosificar la cantidad de EM y consumo de alimento con mejor precisión, lo que contribuirá a mejorar los costos de alimentación por kg de masa de huevo producido, de tal manera que se espera una mejor rentabilidad en beneficio de la industria avícola de producción de huevos para consumo humano.

El presente estudio se encontró que el modelo de Rostagno con una ingesta de 328 kcal de EM/gallina/día logro similar respuesta productiva como los demás modelos, pero que presento una mayor retribución económica esto comparado con el estudio de Piozzi da Silva et al.,(7) quienes encontraron

la mejor ingesta que fue de 280 kcal de EM/ gallina/día, no guarda relación porque hay una diferencia de 48 kcal de EM, una probable explicación sería en que la temperatura ambiental podría a ver afectado este requerimiento de ingesta diaria.

## V. CONCLUSIONES

5.1 Los dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable tienen la misma respuesta productiva comparada a la recomendación de la guía DEKALB, a excepción del consumo de alimento que fue más bajo para el modelo de Rostagno comparado al modelo del NRC.

5.2 Los dos modelos de predicción del requerimiento de energía metabolizable no afectaron la calidad de huevo.

5.3 El modelo de predicción de energía metabolizable de Rostagno obtuvo el mejor costo de alimentación, margen y retribución económica.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- 6.1 Evaluar los modelos de NRC y de Rostagno en épocas de verano para ver el efecto del incremento de temperatura ambiental.
  
- 6.2 Evaluar los modelos de NRC y de Rostagno de otras líneas genéticas y en diferentes fases de producción.
  
- 6.3 Validar el modelo de Rostagno bajo condiciones comerciales y hacer los ajustes respectivos.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Rostagno, H.S.; Teixeira Albino, L.F.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Teixeira de Abreu, M.L.; Rodrigues, P.B.; de Oliveira, R.F.; de Toledo Barreto, S.L.; de Oliveira Brito, C. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Universidad Federal de Viçosa Departamento de Zootecnia, Brasil, 2017; 4, 488p
2. Barzegar, S.; Wu, S.; Choct, M.; Swick, R. Implementation of net energy evaluating system in laying hens: Validation by performance and egg quality. *Poultry Science*, 2020; 99:2624–2632. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.012>
3. Kleyn, R. *Chicken nutrition. A guide for nutritionist and poultry professionals*. Context Products, 2013; Ltd. 347 p.
4. Kang, H.K.; Park, S.B.; Jeon, J.J.; Kim, H.S.; Park, K.T.; Kim, S.H.; Hong, E.C.; Kim, C.H. Effect of increasing levels of apparent metabolizable energy on laying hens in barn system. *Asian-Australas J Anim Sci*, 2018; 11(31): 1766-1772 <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0846>
5. Grobas, S.; Mendez, J.; De Blas, C.; Mantoos, GG. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poult Sci*, 1999; 78:1542-51
6. Peguri, A. and Coon, C. Effect of temperature and dietary energy on layer performance. *Poult Sci*, 1991; 70:126-38.
7. Piozzi da Silva, A.B.; Garcia, E.A.; Molino, A.B.; Pereira da Silva, E.M. Metabolizable energy and oil intake in brown commercial layers. *R. Bras. Zootec.*, 2012; 10 (41): p.2232-2237
8. Singh, D. Energy requirements of layer strains. A report for the Australian Egg. Corporation Limited. AECL Project No DAQ-280A. Australian Egg Corporation Limited, 2005; 54p.
9. Dornan, R.J. Modelling for the estimation of the metabolic energy requirement of laying chickens. A thesis submitted to the faculty of graduate studies in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in the department of poultry science. The University of British Columbia Vancouver, British Columbia, 1984; 84 p.
10. Kingori, A.M.; Wachira, A.M.; Tuitoek, J.K. Influence of Energy Intake on Egg Production and Weight in Indigenous Chickens of Kenya. *International Journal of Poultry Science*, 2014; 13 (3): 151-155.
11. Balnave, D.; Farrell, D.J.; Cummings, R.B. The Minimum Metabolisable energy requirement of laying hens. *World's Poult. Sci*, 1978; 34: 149-154.

12. Macleod, M.G. and Jewitt, T.R. Maintenance energy requirements of laying hens: A Comparison of Measurement made by two Methods based on indirect Calorimetry. *Br. Poult. Sci.*, 1988; 29: 63-74.
13. Pesti, G.M.; Maiorino, P.M.; Alak, J.; Farrell, D.J. Energy exchange of two breeds of hens in respiration Chambers. *Poult. Sic.*, 1990; 69: 98-104.
14. De Groot, G. In Energy requirements of poultry Ed. T. R. Morris and B. M. Freeman. *Br. Poult. Sci.*, 1974; 113-133.
15. Chwalibog, A., Studies on energy metabolism in laying hens. Report from the National Institute of Animal Science, Denmark., 1985; 578
16. Reid, B.L.; Valencia, M.E.; Maiorino, P.M. Energy Utilization by laying hens. I Energetic efficiencies of maintenance and production. *Poult. Sci.*, 1978; 57: 461-465.
17. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Poultry. rev. ed. *Nat. Acad. Sci.*, Washington, DC., 1994; 9.
18. Costa, F.G.P.; Quirino, B.J.S.; Givisiez, P.E.N. et al. Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. *Archivos de Zootecnia*, 2009; 223(58): 405-41.
19. Chwalibog, A. Factorial Estimation of Energy Requirement for Egg Production. *Poultry Science*, 1991; 71509-515.
20. Sakomura, N.K.; Hauschild, L.; Silva, E.P., Araujo, J.A. Factorial Model to estimate poultry nutrition requirements. III International symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine. Viçosa, Brazil, 2011.
21. McDonald, M. W. Feed intake of laying hens. *World's Poult. Sci. J.* 1978; 34:209.
22. National Research Council. Poultry. P. 109 in *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981.
23. Sakomura, N. K; Rostagno, H. S., *Metodos de Pesquisa em Nutricao de Monogastricos*. Jacoticabal, SP: FUNEP, 2016; 2: 262p.
24. Gous, R.M. Simulation modelling for predicting responses in broiler breeder and laying hens. XXIV World's Poultry Congress 5 - 9 August. Salvador, Bahia, Brazil, 2012.
25. Emmans, G.C. Computers in Animal Production. Occasional Publication British Society of Animal Production, 1981; 5: 103-110.
26. Emmans, G.C. Recent Advances in Turkey Science. C. NIXEY & T.C. GREY (Ed's). Butterworths, 1989; pp 135-166.
27. Emmans, G.C. and Fisher, C. Fisher C. & Boorman K.N. (Ed's) *Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research*. Oxford, Butterworths, 1986; pp. 9-39.

28. Ferguson, N.S. and Gous, R.M. *Animal Science*, 1997; 64:365-378.
29. Ferguson, N.S. and Gous, R.M. *Animal Science*, 2002; 74:103-110.
30. Ferguson, N.S.; Gous, R.M.; Emmans, G.C. *Animal Science*, 1997; 64:513-522.
31. Guevara, V.R. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*. 2004; 83 (1): 147-151.
32. Eisen, E. J; Bohren B. B, y McKean H. E.; *Poultry Science*. 1962; 41: 1461-1468.
33. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User's Guide: Statistics. Version 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA, 2022; 230p.
34. Karunajeewa, H. Effect of Protein and Energy levels on laying performance of strains of different body weights. *Aust. J. Expt. Agri. and Anim. Husbandry*, 1972; 12: 385-391.
35. Pearson, R.A. Influence of nutritional factors on hatchability. Recent developments in poultry nutrition. D.J.A. Cole and W. Haresign, 1989.
36. Kingori, A.M., The protein and energy requirements of indigenous chickens (*Gallus domesticus*) of Kenya. PhD thesis. Egerton University, Kenya, 2004; 93.
37. Farrell, D.J. The energy and protein need of scavenging laying hens. *LRRD*, 2000; 4.
38. Burnham, D.; Emmans, G.C.; Gous, R.M. *British Poultry Science*, 1992; 33:71-87.
39. Gous, R.M.; Griessel, M.; Morris, T.R. *British Poultry Science*, 1987; 28:427-436.
40. Penz Júnior, A.M. and Pavan, A.C. Controle de qualidade de ingredientes e de processos na produção de rações. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO, COMERCIALIZAÇÃO E CONSUMO DE OVOS, Indaiatuba, Anais... Indaiatuba: Associação Paulista de Avicultura, 2007; 5: p.129-137
41. Wu, G.; Bryant, M.M.; Gunawardana, P.; Roland, Sr D.A. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial leghorn strain during phase I. *Poult Sci*, 2007; 86: 691-7.
42. Bagheri S, Golian A, Nasiri Moghaddam H, Zarghi H. Effect of dietary energy and nutrients density on performance and egg quality in the 2nd production cycle in laying hens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 2020; 12(2): 197-209. doi: [10.22067/ijasr.v12i2.73162](https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i2.73162)
43. Reyes, M.E.; Salas, C.; Coon, C.N. Energy Requirement for Maintenance and Egg Production for Broiler Breeder Hens. *International Journal of Poultry Science*, 2011; 10 (12): 913-920.

## VIII. ANEXO

### ANEXO I: FÓRMULAS DE LAS DIETAS BALANCEADAS UTILIZADAS

#### FORMULA UTILIZADA

Plant: DEKALB +90 W  
 Batch Size(USD/kg): 70.0000  
 Cost in USD/kg: 0.3541  
 Batch Cost(in USD): 24.7855

#### Composition Chart

#### Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
Maiz 7.86	0.312			52.5678	36.7975	11.4808	
Torta de soya, 46.5	0.54			15.5243	10.867	5.8682	
Subproducto de trigo	0.29			15.268	10.6876	3.0994	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.062	6.7	6.7	6.7	4.69	0.2908	
Soya integral 37.3	0.527	3	3	3	2.1	1.1067	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.062			2.9678	2.0774	0.1288	
Aceite soya	0.878	2	2	2	1.4	1.2292	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	0.65			0.8855	0.6198	0.4029	
SAL COMUN	0.25			0.3115	0.2181	0.0545	
BICARBONATO DE SODIO	0.49	0.2		0.2	0.14	0.0686	
CLORURO DE COLINA	0.86			0.1474	0.1032	0.0887	
METIONINA	2.6			0.1428	0.1	0.2599	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	3	0.1	0.1	0.1	0.07	0.21	
PREMIX MIN+VIT	5	0.1	0.1	0.1	0.07	0.35	
ZINC BACITRACINA	3	0.05	0.05	0.05	0.035	0.105	
LISINA	1.72			0.0349	0.0244	0.042	

## Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.7128	
Alanina T	2	%			0.8015	
Almidon	3	%			39.0388	
Arginina SID	4	%	0.69		0.8921	
Arginina T	5	%			0.9628	
Asp T	6	%			0.8375	
BED	7	mEq/Kg			192.596	
Calcio	8	%	3.9	3.9	3.9	-0.0022
Ceniza	9	%			2.3961	
Cloro	10	%	0.2		0.2745	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2132	
Cystina T	13	%			0.2597	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2750		2750	
ENeta postura		kcal/kg			2224.6145	
Extracto etereo	24	%			5.5204	
FDA	25	%			5.4065	
FDN	26	%			15.8743	
Fenylalanina SID	27	%			0.6358	
Fenylalanina T	28	%			0.7138	
Fibra cruda	29	%			3.1159	
Glu T	30	%			1.496	
Gly + Ser T	31	%			1.4127	
Glycina T	32	%			0.6535	
Histidina SID	33	%			0.3562	
Histidina T	34	%			0.407	
Isoleucina SID	35	%	0.53		0.53	0.1204
Isoleucina T	36	%			0.5997	
Leucina SID	38	%			1.1668	
Leucina T	39	%			1.283	
Lysina SID	40	%	0.66		0.66	0.0182
Lysina T	41	%			0.7548	
Materia seca	42	%			89.7617	
Met + Cys T	43	%			0.6346	
Met + Cys SID	44	%	0.56		0.5653	
Methionina SID	45	%	0.35		0.35	0.0229
Methionina T	46	%			0.3734	
P Dig cvb	47	%			0.2838	
P Dig FEDNA	48	%			0.2812	

P disponible	49	%	0.33	0.33	0.0256
P fitico	50	%		0.2331	
P total	51	%		0.5631	
PNA	53	%		17.7562	
Potasio	54	%		0.6719	
Prolina T	55	%		0.9987	
Proteina cruda	56	%	14.3	14.8906	
Serine T	57	%		0.7593	
Sodio	58	%	0.19	0.19	0.0027
Threonina SID	59	%	0.46	0.4908	
Threonina T	60	%		0.5666	
Tryptophano SID	61	%	0.14	0.1579	
Tryptophano T	62	%		0.1829	
Tyrosine T	63	%		0.5161	
Valina SID	64	%	0.58	0.5956	
Valina T	65	%		0.7016	

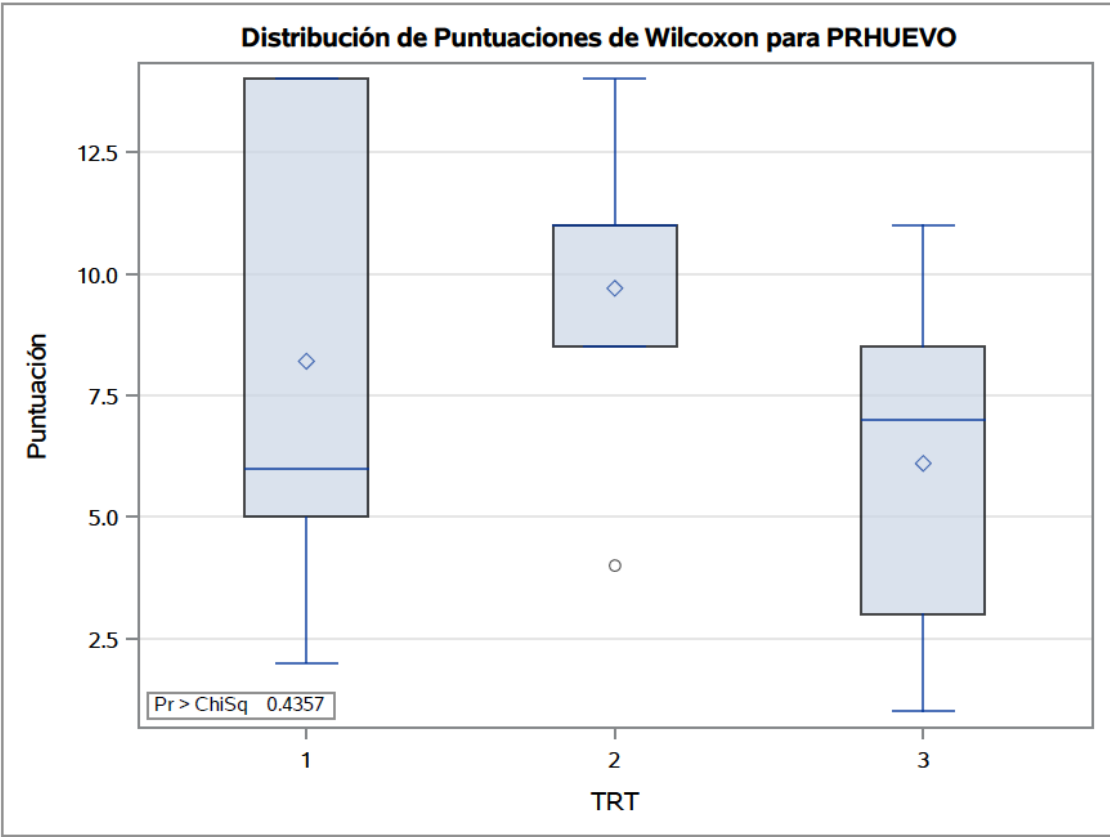
## ANEXO II: RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

### ➤ PRODUCCION DE HUEVOS

Obs	NUMERO	TRT	PRHUEVO
1	1	1	94.8413
2	2	1	94.8413
3	3	1	65.0794
4	4	1	88.8889
5	5	1	88.4921
6	6	2	94.8413
7	7	2	93.6508
8	8	2	71.0317
9	9	2	93.6508
10	10	2	93.2540
11	11	3	93.2540
12	12	3	93.6508
13	13	3	69.8413
14	14	3	63.8889
15	15	3	92.0635



Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.6617	2	0.4357



➤ CONSUMO DE ALIMENTO

<b>Obs</b>	<b>trt</b>	<b>block</b>	<b>rpta</b>
<b>1</b>	1	1	124.978
<b>2</b>	1	2	124.919
<b>3</b>	1	3	120.678
<b>4</b>	1	4	125.314
<b>5</b>	1	5	124.434
<b>6</b>	2	1	121.335
<b>7</b>	2	2	120.598
<b>8</b>	2	3	117.111
<b>9</b>	2	4	120.052
<b>10</b>	2	5	119.814
<b>11</b>	3	1	115.000
<b>12</b>	3	2	115.000
<b>13</b>	3	3	115.000
<b>14</b>	3	4	115.000
<b>15</b>	3	5	115.000

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	221.6501083	36.9416847	32.82	<.0001
Error	8	9.0055876	1.1256984		
Total corregido	14	230.6556958			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.960957	0.886999	1.060989	119.6156

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	16.0139703	4.0034926	3.56	0.0598
trt	2	205.6361380	102.8180690	91.34	<.0001

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	16.0139703	4.0034926	3.56	0.0598
trt	2	205.6361380	102.8180690	91.34	<.0001

---

➤ INDICE DE CONVERSION ALIMENTICIA

<b>Obs</b>	<b>trt</b>	<b>block</b>	<b>rpta</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1.99988</b>
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2.00340</b>
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2.91997</b>
<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2.14906</b>
<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2.08706</b>
<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1.93059</b>
<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1.95261</b>
<b>8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2.55093</b>
<b>9</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1.97124</b>
<b>10</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1.90243</b>
<b>11</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1.91162</b>
<b>12</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1.91085</b>
<b>13</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2.45938</b>
<b>14</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2.72648</b>
<b>15</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2.02132</b>

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	1.16386340	0.19397723	4.16	0.0338
Error	8	0.37263286	0.04657911		
Total corregido	14	1.53649626			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.757479	9.961990	0.215822	2.166454

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	1.07965943	0.26991486	5.79	0.0172
trt	2	0.08420397	0.04210199	0.90	0.4427

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	1.07965943	0.26991486	5.79	0.0172
trt	2	0.08420397	0.04210199	0.90	0.4427

➤ EFICIENCIA ENERGETICA BRUTA

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	5.49967
2	1	2	5.50935
3	1	3	8.02992
4	1	4	5.90992
5	1	5	5.73941
6	2	1	5.30912
7	2	2	5.36967
8	2	3	7.01505
9	2	4	5.42091
10	2	5	5.23169
11	3	1	5.25694
12	3	2	5.25483
13	3	3	6.76330
14	3	4	7.49781
15	3	5	5.55863

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	8.80171695	1.46695283	4.16	0.0338
Error	8	2.81803598	0.35225450		
Total corregido	14	11.61975294			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.757479	9.961990	0.593510	5.957748

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	8.16492442	2.04123110	5.79	0.0172
trt	2	0.63679254	0.31839627	0.90	0.4427

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	8.16492442	2.04123110	5.79	0.0172
trt	2	0.63679254	0.31839627	0.90	0.4427

➤ PESO DE HUEVO

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	65.8921
2	1	2	65.7450
3	1	3	63.5049
4	1	4	65.6002
5	1	5	67.3754
6	2	1	66.2675
7	2	2	65.9499
8	2	3	64.6318
9	2	4	65.0304
10	2	5	67.5351
11	3	1	64.5104
12	3	2	64.2629
13	3	3	66.9515
14	3	4	66.0193
15	3	5	61.7981



## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>Modelo</b>	6	4.46558737	0.74426456	0.22	0.9612
<b>Error</b>	8	27.61755056	3.45219382		
<b>Total corregido</b>	14	32.08313793			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.139188	2.840775	1.858008	65.40498

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>block</b>	4	0.65857439	0.16464360	0.05	0.9948
<b>trt</b>	2	3.80701298	1.90350649	0.55	0.5966

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>block</b>	4	0.65857439	0.16464360	0.05	0.9948
<b>trt</b>	2	3.80701298	1.90350649	0.55	0.5966

➤ MASA DE HUEVO

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	62.4929
2	1	2	62.3534
3	1	3	41.3286
4	1	4	58.3113
5	1	5	59.6219
6	2	1	62.8490
7	2	2	61.7626
8	2	3	45.9091
9	2	4	60.9015
10	2	5	62.9792
11	3	1	60.1585
12	3	2	60.1828
13	3	3	46.7597
14	3	4	42.1790
15	3	5	56.8935

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>Modelo</b>	6	714.7934766	119.1322461	5.72	0.0138
<b>Error</b>	8	166.6453481	20.8306685		
<b>Total corregido</b>	14	881.4388246			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.810939	8.104927	4.564063	56.31220

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>block</b>	4	633.1656607	158.2914152	7.60	0.0079
<b>trt</b>	2	81.6278158	40.8139079	1.96	0.2030

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>block</b>	4	633.1656607	158.2914152	7.60	0.0079
<b>trt</b>	2	81.6278158	40.8139079	1.96	0.2030

---

➤ PESO VIVO INICIAL

<b>Obs</b>	<b>trt</b>	<b>block</b>	<b>rpta</b>
<b>1</b>	1	1	1935
<b>2</b>	1	2	1935
<b>3</b>	1	3	1935
<b>4</b>	1	4	1935
<b>5</b>	1	5	1935
<b>6</b>	2	1	1935
<b>7</b>	2	2	1935
<b>8</b>	2	3	1935
<b>9</b>	2	4	1935
<b>10</b>	2	5	1935
<b>11</b>	3	1	1935
<b>12</b>	3	2	1935
<b>13</b>	3	3	1935
<b>14</b>	3	4	1935
<b>15</b>	3	5	1935

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0	0	.	.
Error	8	0	0		
Total corregido	14	0			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.000000	0	0	1935.000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0	0	.	.
trt	2	0	0	.	.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0	0	.	.
trt	2	0	0	.	.

---

➤ PESO VIVO FINAL

<b>Obs</b>	<b>trt</b>	<b>block</b>	<b>rpta</b>
<b>1</b>	1	1	1965
<b>2</b>	1	2	1880
<b>3</b>	1	3	1937
<b>4</b>	1	4	1893
<b>5</b>	1	5	1915
<b>6</b>	2	1	1998
<b>7</b>	2	2	1963
<b>8</b>	2	3	1895
<b>9</b>	2	4	1965
<b>10</b>	2	5	1795
<b>11</b>	3	1	1983
<b>12</b>	3	2	1908
<b>13</b>	3	3	1855
<b>14</b>	3	4	1985
<b>15</b>	3	5	1958

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>Modelo</b>	6	18905.06667	3150.84444	0.99	0.4886
<b>Error</b>	8	25376.26667	3172.03333		
<b>Total corregido</b>	14	44281.33333			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de rpta
0.426931	2.923731	56.32081	1926.333

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>block</b>	4	17851.33333	4462.83333	1.41	0.3149
<b>trt</b>	2	1053.73333	526.86667	0.17	0.8498

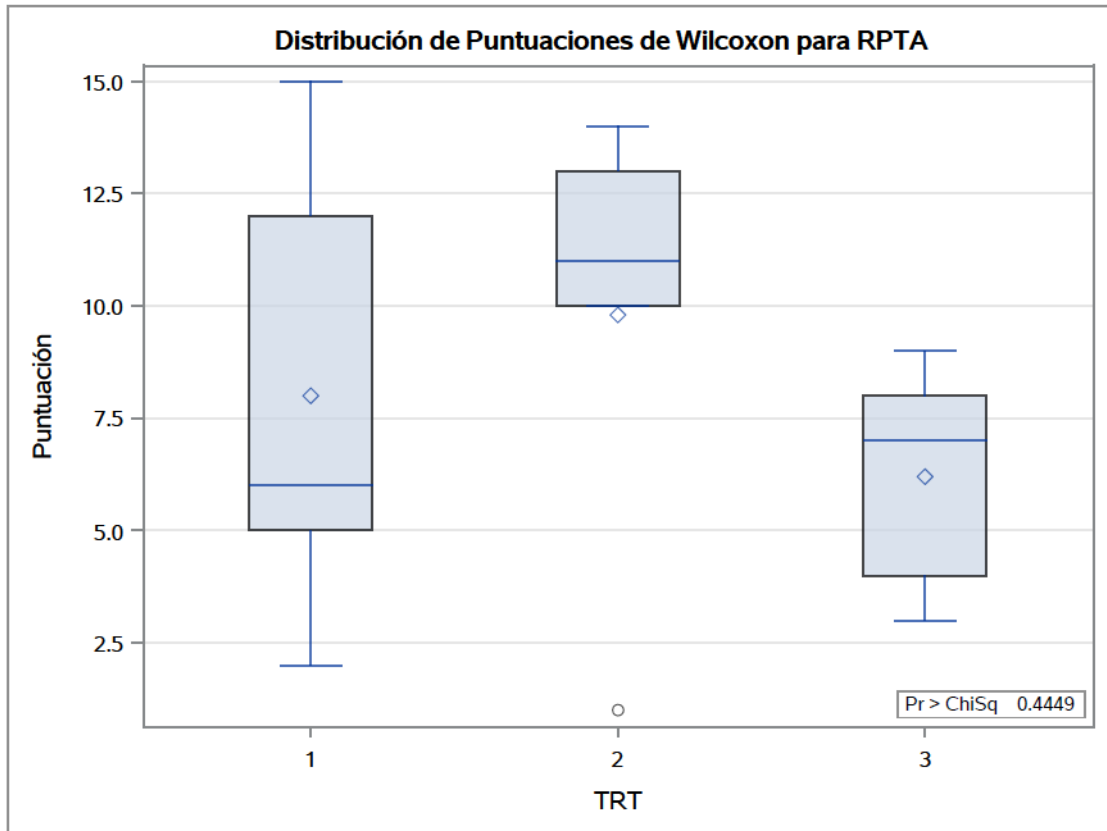
Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>block</b>	4	17851.33333	4462.83333	1.41	0.3149
<b>trt</b>	2	1053.73333	526.86667	0.17	0.8498

➤ UNIDAD HAUGH

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	95.448
2	2	1	88.825
3	3	1	89.888
4	4	1	87.381
5	5	1	100.148
6	6	2	97.047
7	7	2	93.926
8	8	2	98.607
9	9	2	93.818
10	10	2	87.026
11	11	3	90.549
12	12	3	92.368
13	13	3	88.781
14	14	3	93.803
15	15	3	87.738



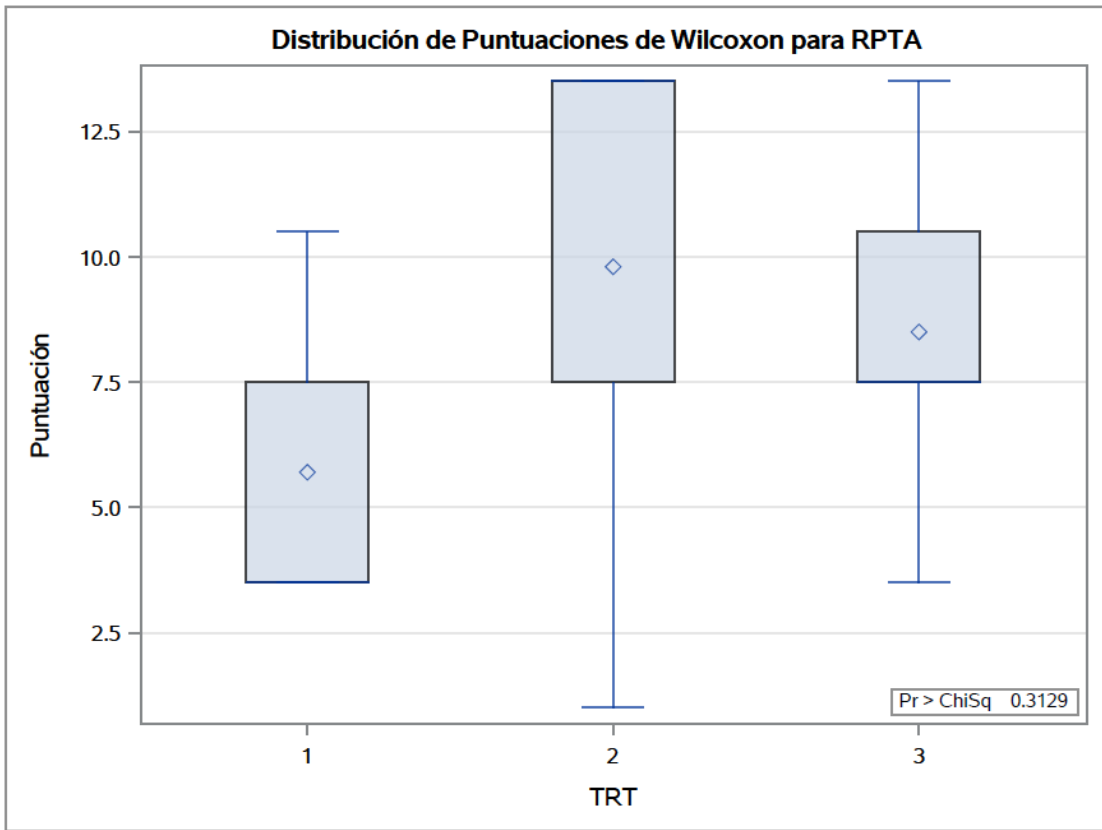
Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.6200	2	0.4449



➤ COLOR DE YEMA

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	6.750
2	2	1	6.875
3	3	1	7.125
4	4	1	6.750
5	5	1	6.750
6	6	2	6.625
7	7	2	7.250
8	8	2	7.250
9	9	2	6.875
10	10	2	7.250
11	11	3	6.750
12	12	3	7.250
13	13	3	7.125
14	14	3	6.875
15	15	3	6.875

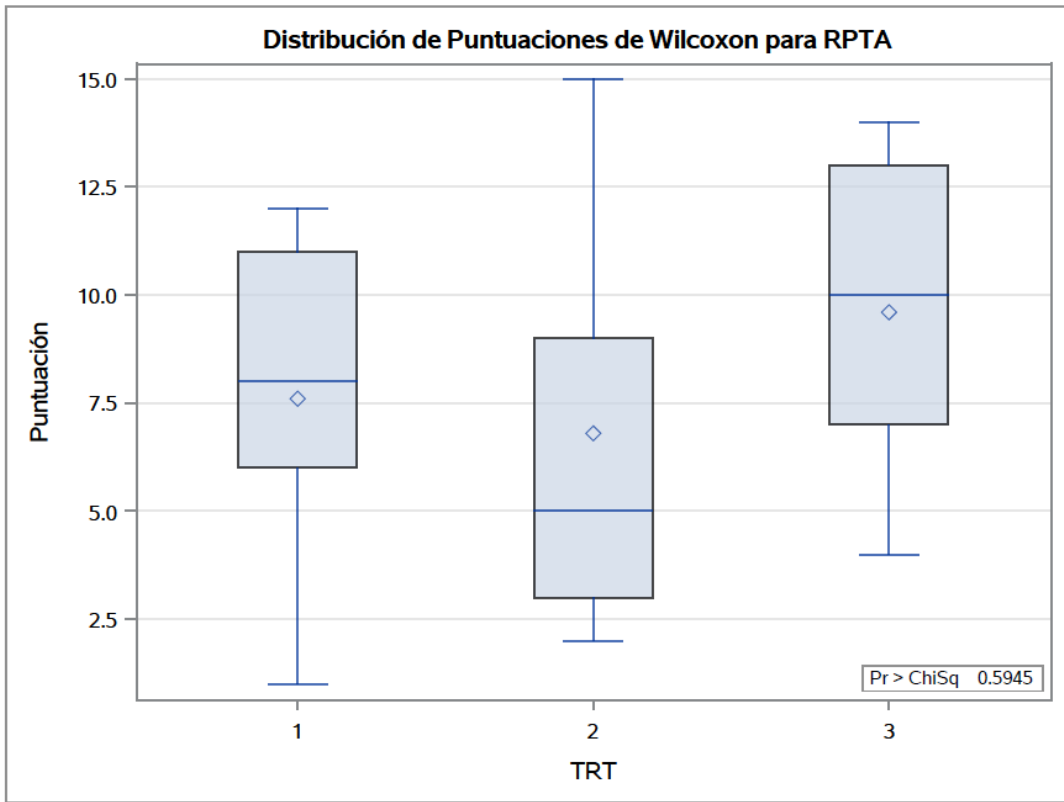
Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
2.3236	2	0.3129



➤ INDICE DE YEMA

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	0.41921
2	2	1	0.39585
3	3	1	0.42530
4	4	1	0.41494
5	5	1	0.42531
6	6	2	0.43720
7	7	2	0.41406
8	8	2	0.41109
9	9	2	0.41273
10	10	2	0.42159
11	11	3	0.41820
12	12	3	0.41345
13	13	3	0.43086
14	14	3	0.43396
15	15	3	0.42348

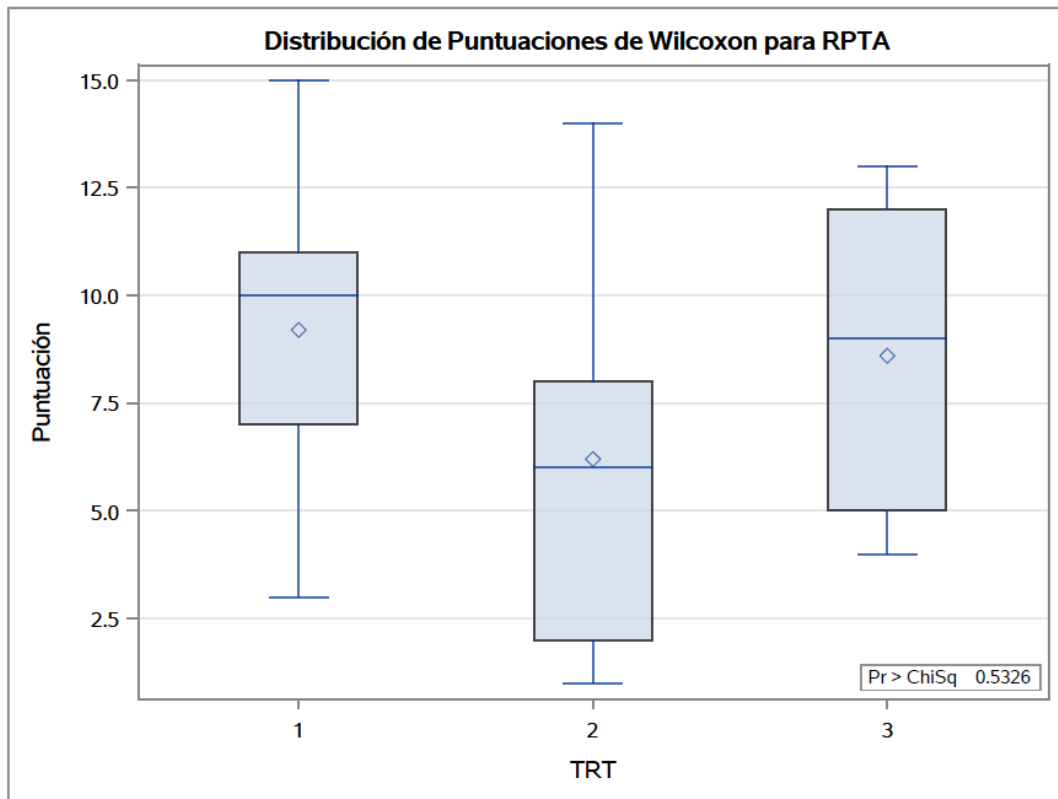
Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.0400	2	0.5945



➤ PORCENTAJE DE CASCARA

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	10.1913
2	2	1	9.9213
3	3	1	9.3213
4	4	1	9.6975
5	5	1	9.8888
6	6	2	10.1325
7	7	2	9.7488
8	8	2	8.9113
9	9	2	9.6663
10	10	2	8.9313
11	11	3	9.4800
12	12	3	10.0513
13	13	3	9.9688
14	14	3	9.4200
15	15	3	9.8638

Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.2600	2	0.5326

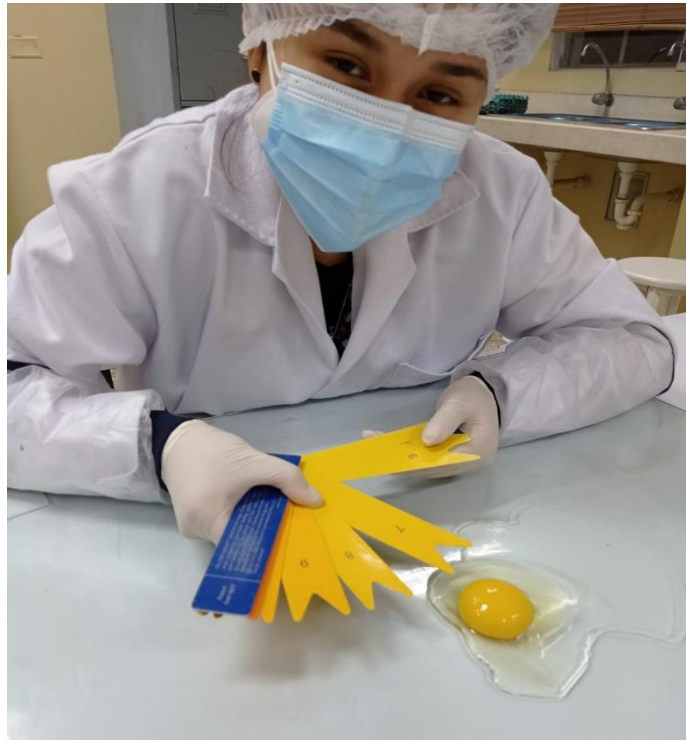


**ANEXO III: FOTOS DEL PROCESO DEL EXPERIMENTO**













## ANEXO IV: MODELOS UTILIZADOS

### MODELO NRC, 1994

NO CAMBIAR			
INTRODUCIR DATOS			
<b>REQUERIMIENTO</b>			
Energía metabolizable (kcal/ave/día)	343		
Consumo de alimento (g/ave/día)	124.8		
<b>DATOS DE GRANJA</b>			
P = peso promedio (kg)	1.935		
G = ganancia día (g/ave/día)	1.81		
Huevo = masa de huevo (g/ave/día)	57.88		
T = temperatura media (°C)	22.02		
EM de la dieta (kcal/kg)	2750		
Adaptado de NRC (1994)			
		CONSUMO	EM
NOTA: SE INICIO LA TESIS CON 18.1 DE T*		129.3417	355.6896
EN FECHA 28-08-21 AUMENTO A 22.02		124.7813	343.1486

NOTE: A number of formulas have been suggested for prediction of the daily energy requirements of chickens. The formula used here was derived from that in *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals* (National Research Council, 1981c):  
 $ME \text{ per hen daily} = W^{0.75} (173 - 1.95T) + 5.5 \delta W + 2.07 EE$   
 where  $W$  = body weight (kg),  $T$  = ambient temperature (°C),  $\delta W$  = change in body weight (g/day), and  $EE$  = daily egg mass (g).  
 Temperature of 22°C, egg weight of 60 g, and no change in body weight were used in calculations.

### MODELO ROSTAGNO ET AL., 2017

NO CAMBIAR			
INTRODUCIR DATOS			
<b>REQUERIMIENTO</b>			
Energía metabolizable (kcal/ave/día)	328		
Consumo de alimento (g/ave/día)	119.2		
<b>DATOS DE GRANJA</b>			
P = peso promedio (kg)	1.935		
G = ganancia día (g/ave/día)	1.81		
Huevo = masa de huevo (g/ave/día)	57.88		
T = temperatura media (°C)	22.02		
EM de la dieta (kcal/kg)	2750		
Adaptado de Rostagno et al (2017)			
		CONSUMO	EM
NOTA: SE INICIO LA TESIS CON 18.1 DE T*		125.272268	344.4987
EN FECHA 28-08-21 AUMENTO A 22.02		119.191794	327.7774

**Tabla 2.36 - Ecuación Utilizada para Estimar el Requerimiento de Energía Metabolizable-Aves (EM) de Gallinas Ponedoras de Huevos Blancos y Marrones<sup>1,2</sup>**

$EM \text{ (kcal/ ave/ día)} = 113 P^{0.75} + 6,68 G + 2,4 \text{ Huevo}$

Corrección por temperatura =  $2,6 P^{0.75} (TN - T)$

P = Peso corporal (kg); G = Ganancia de peso (g/ave/día);  
 Huevo = Masa de huevo (g huevo/ave/día) =  $\frac{\% \text{ postura} \times \text{peso huevo}}{100}$   
 T=Temperatura media (°C); TN=Temperatura termo neutra (°C) = 20°C

Fue considerada la temperatura termo neutra (TN) y amplitud térmica (AT) de: TN = 20°C, AT = 16 - 27°C. Valores más altos de Amplitud Térmica pueden afectar el desempeño y sobre-estimar las correcciones del consumo y los niveles nutricionales.