



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 una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre la calidad de huevo de gallinas de postura"

presentado por:

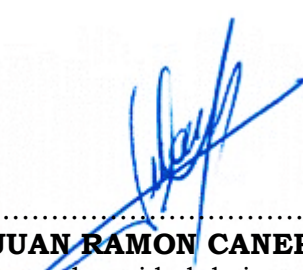
JESÚS OSWALDO ATUNCAR ZAVALA.

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 17% 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, 19 de septiembre del 2024


.....
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



“Evaluación de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre la calidad de huevo de gallinas de postura”

Línea de investigación de la Universidad:

Salud pública y conservación del medio ambiente

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

AUTOR

Jesús Oswaldo Atuncar Zavala

ASESOR

ELIAS SALVADOR TASAYCO, PhD.

ICA, Perú

2024

DEDICATORIA

Dedicado a mi padre y a mi madre, por ayudarme a lo largo de mi carrera profesional, y en los distintos ámbitos de la vida. A mis abuelos por brindarme su apoyo emocional y sus sabios consejos para hacer de mí una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A dios por llevarme por el camino del bien, con salud y bienestar, para lograr mis objetivos y mis metas.

A mis padres por siempre confiar en mí y en mi capacidad, a mis abuelos por haber inculcado grandes valores en mí.

INDICE DE CONTENIDOS

		Pág.
	Títulos y subtítulos	
	Dedicatoria	II
	Agradecimiento	III
	Índice de contenidos	IV
	Índice de tablas	VI
	Índice de figuras	VII
	Índice de anexos	VIII
	Resumen	IX
	Abstract	XI
I	Introducción	10
II	Estrategia metodológica	18
2.1	Nivel y tipo de investigación	18
2.2	Lugar y fecha de ejecución del experimento	18
2.3	Localización geográfica y meteorológica	18
2.4	Materiales y equipo	18
2.5	Etapas previas al experimento	19
2.6	Alimentación y formulación de las dietas	19
2.7	Programa sanitario y de manejo	20

2.8	Variables de evaluación	20
2.9	Diseño experimental de la investigación	22
2.10	Tratamientos experimentales	22
2.11	Técnicas e instrumento de recolección de datos	22
2.12	Análisis estadístico	23
III	Resultados	24
IV	Discusión	28
V	Conclusiones	33
VI	Recomendaciones	34
VII	Referencias bibliográficas	35
VIII	Anexos	40

INDICE DE TABLAS

N°		Pág.
01	Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre las características de la cáscara de huevo	24
02	Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre las características internas de calidad de huevo ($\bar{x} \pm DE$)	25
03	Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre la respuesta productiva de gallinas de postura ($\bar{x} \pm DE$)	26
04	Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre costo de alimentación (CA), margen sobre costo de alimentación (MSCA) y retribución económica (RE) de gallinas de postura	27

INDICE DE FIGURAS Y FOTOS

N°		Pág.
01	Fig. 1: Deposición de CaCO ₃ en la cascara de huevo en el útero hasta la oviposición (Adaptado de Burmester (29)).	15
02	Fig. 2: Tasa media prevista de consumo por hora (g/h) a lo largo de 24 h para gallinas ISA Brown de alta eficiencia (línea continua) y baja eficiencia (línea discontinua) (Adaptado de Clark et al. (34))	16

INDICE DE ANEXOS

N°		Pág.
01	Fórmulas de las dietas utilizadas	40
02	Resultado de análisis estadístico	46
03	Fotos del desarrollo del experimento	65

RESUMEN

“Evaluación de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre la calidad de huevo de gallinas de postura”

INTRODUCCIÓN: la gallina requiere Ca para la formación de la cáscara de huevo y lo obtiene de la dieta y de la medula ósea. Hay una práctica de ofrecer granos de carbonato de Ca por las tardes lo que conlleva a un exceso de Ca en la dieta que podría afectar la calidad de huevo. Es necesario evaluar estrategias considerando este suplemento, pero con dietas bajas en Ca. **OBJETIVO:** determinar el efecto de la alimentación con una dieta reducida en Ca y suplementada con carbonato de calcio granulado por la tarde sobre la calidad de huevo, respuesta productiva y económica de gallinas de postura. **MÉTODOS:** Se utilizaron 40 gallinas de postura de la línea LOHMANN Brown de 37 semanas de edad. Se establecieron 2 dietas como tratamientos: dieta testigo convencional con 3.75% de Ca, sin suplemento de CaCO_3 (T-1), dieta con 2.50% de Ca, con suplemento de 3.95 g de CaCO_3 (T-2). Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en las unidades experimentales. Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, dando un total de 10 unidades experimentales. Se evaluaron las variables de calidad de cáscara de huevo (Color, grosor, peso, porcentaje, ceniza, gravedad específica, índice y resistencia a la rotura de cáscara), calidad interna (unidad Haugh, peso y porcentaje de yema, índice de yema y color de yema), respuesta productiva (consumo de alimento, conversión, eficiencia energética, producción de huevos, peso y masa de huevo) y costo de alimentación, margen y retribución económica. **RESULTADOS:** la dieta reducida en Ca y con suplemento de CaCO_3 por las tardes no afectó significativamente ($P>0.05$) la calidad externa e interna de huevo, respuesta productiva. El menor costo de alimentación se logró con la dieta reducida en Ca y el mayor margen fue logrado con la dieta testigo convencional. **CONCLUSIÓN:** utilizar una dieta reducida en Ca (2.50%) y suplementada diariamente con 3.95 g de CaCO_3 de tamaño de partícula gruesa (3-4 mm) por las tardes, no afectó significativamente la calidad externa e interna del huevo y respuesta productiva de las gallinas de postura.

Palabras claves: dieta, calcio, cáscara huevo, gallinas de postura

ABSTRACT

"Evaluation of a diet reduced in calcium and supplemented with calcium carbonate in the afternoon on the egg quality of laying hens"

INTRODUCTION: the hen requires Ca for the formation of the eggshell and obtains it from the diet and from the bone marrow. There is a practice of offering Ca carbonate grains in the afternoon which leads to an excess of Ca in the diet which could affect egg quality. It is necessary to evaluate strategies considering this supplement, but with diets low in Ca.

OBJECTIVE: to determine the effect of feeding with a diet reduced in Ca and supplemented with granulated calcium carbonate in the afternoon on egg quality, productive and economic

METHODS: 40 laying hens of the LOHMANN Brown line of 37 weeks of age were used. Two diets were established as treatments: conventional control diet with 3.75% Ca, without CaCO₃ supplement (T-1), diet with 2.50% Ca, with a 3.95 g CaCO₃ supplement (T-2). The treatments were randomly distributed in the experimental units. Each of the treatments had 5 repetitions, giving a total of 10 experimental units. The variables of eggshell quality (color, thickness, weight, percentage, ash, specific gravity, index and resistance to shell breakage), internal quality (Haugh unit, weight and percentage of yolk, index of yolk and yolk color), productive response (feed intake, conversion, energy efficiency, egg production, egg weight and mass) and feed cost, margin and economic compensation.

RESULTS: the diet reduced in Ca and supplemented with CaCO₃ in the afternoons did not significantly ($P>0.05$) affect external and internal egg quality, productive response. The lowest feed cost was achieved with the reduced Ca diet and the highest margin was achieved with the conventional control diet. **CONCLUSION:** using a diet reduced in Ca (2.50%) and supplemented daily with 3.95 g of CaCO₃ of coarse particle size (3-4 mm) in the afternoons, did not significantly affect the external and internal quality of the egg and the productive response of the eggs. laying hens.

Keywords: diet, calcium, eggshell, laying hens

I. INTRODUCCION

A nivel comercial en muchas granjas se observa una alta incidencia de problemas de cascara de huevo, como cascara delgada y rotura de cascara, lo que aumenta el porcentaje de huevos no comercializado y consecuentemente pérdidas económicas, ante este hecho es muy frecuente suplementar por las tardes con carbonato de calcio granulado a pesar de que la dieta es formulada con niveles de calcio suficiente (4%), lo que conlleva a un exceso de calcio. Este exceso de calcio es perjudicial ya que afecta negativamente la calidad de huevo.

Utilizar dietas con alto nivel de calcio aumenta la alcalinidad del alimento y afecta el pH de los órganos superiores del tracto gastrointestinal como buche, proventrículo y molleja lo que ocasiona un aumento de pH y afecta los procesos enzimáticos, especialmente a nivel de molleja, trayendo como consecuencia una reducción de las eficiencias tanto alimenticias como conversión calórica.

Las necesidades de calcio van en aumento durante el día, por la mañana es bajo y aumenta por la tarde y noche para la formación de la cascara, por lo tanto, si en la granja se está aplicando la estrategia de suplementar calcio por las tardes, sería conveniente reducir el contenido de calcio en la dieta por las mañanas y recién adicionar por la tarde con granulometría de 3 mm de diámetro en promedio, hasta completar el requerimiento diario por gallina.

En la comercialización del huevo para consumo humano, la calidad de la cáscara es una de las principales preocupaciones de la industria del huevo (1).

Los huevos que presentan una reducida calidad de cáscara son una de las principales pérdidas económicas para los productores avícolas (2).

El promedio de huevos rotos y perdidos antes del punto de consumo se encuentra entre el 13 % y el 20 % (3).

La mayor incidencia de huevos resquebrajados ocurre principalmente al final del período de puesta. El tamaño y el peso del huevo aumentaron con el aumento de la edad de la gallina, pero generalmente no se acompaña de un aumento proporcional en el peso de la cáscara, lo que conduce a una disminución en la relación entre el peso de la cáscara y el peso del huevo (1)

La disminución en la calidad de la cáscara del huevo de las gallinas ponedoras de edad avanzada podría atribuirse a la reducción de la absorción intestinal de Ca y al aumento del tamaño del huevo (4). El aumento de huevos resquebrajados observado en ponedoras envejecidas podría ser el resultado de alteraciones relacionadas con la homeostasis del Ca (5).

Las investigaciones han encontrado puntos discrepantes, ya que por un lado hay una mejora de la calidad de cascara y por otro no se encontraron mejoras cuando se aumentó el nivel de calcio en la dieta. Estas discrepancias pueden atribuirse a diferencias en cepas, factores ambientales y otros nutrientes como el fósforo, que pueden afectar el requerimiento de Ca (6).

La calidad de la cáscara del huevo es un criterio importante para los productores de huevos. Dado que los huevos en la cadena de producción están expuestos a estrés físico y ambiental durante la manipulación, el envasado y el transporte, la incidencia de grietas en la cáscara aumenta si la calidad de la cáscara es deficiente (7). Las microfisuras también pueden dar lugar a la contaminación microbiana, lo que podría suponer un peligro para la salud de los consumidores (8).

La calidad de los huevos puede verse influenciada por el sistema de alimentación. En un sistema de alimentación convencional, las dietas diarias de las gallinas contienen la misma concentración de nutrientes (7). Sin embargo, cuando se le ofrecen a libre elección, las gallinas muestran un patrón diferente de consumo de nutrientes. El consumo de proteínas es más alto temprano en el día, mientras que el consumo de calcio es más alto más tarde (9).

Castilla (10) realizó un estudio sobre niveles de calcio en la dieta de gallinas de postura, ya que a nivel de granja existen problemas en calidad de cascara. Se requieren estrategias para mejorar las características principales que representan la calidad externa del huevo. Si bien, las características de la cascara pueden ser afectadas por diferentes factores, como el manejo, ambiente y estado sanitario, sin embargo, el aspecto nutricional juega un rol importante. El objetivo del estudio fue evaluar la relación del nivel de calcio en la dieta y contenido de ceniza de cascara de huevo como indicador de calidad externa del huevo de gallinas de postura comercial. Se utilizaron 120 gallinas de postura de la línea LOHMANN Brown de 40 semanas de edad. Se utilizaron tres dietas como tratamientos, la primera con un nivel de calcio de 2.984% (T-1), la segunda con un nivel de 3.73% (T-2) y la tercera con un nivel de 4.476%. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA). Cada uno de los tratamientos tuvo cinco repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales. Se evaluaron las variables de calidad de huevo, como color de cascara, grosor de cascara, peso y porcentaje de cascara, ceniza de cascara, gravedad específica, índice de cascara, huevos rotos, huevos anormales y unidad Haugh. También se evaluó la respuesta productiva sobre peso vivo, producción de huevo, peso y masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia. Así mismo, se evaluó margen bruto y retribución económica. Los resultados indican que la calidad de huevo y respuesta productiva fueron afectadas significativamente. La retribución económica fue mejor para la dieta con el nivel de 3.73% de calcio en la dieta. Se concluye que un déficit o exceso de calcio en la dieta afecta la calidad de huevo, respuesta productiva y retribución económica.

An *et al.* (1) realizaron un estudio para investigar los efectos de las dietas con niveles variables de calcio sobre la producción de huevos, la calidad de la cáscara y el estado general del calcio en gallinas ponedoras de edad avanzada. Se utilizaron quinientas ponedoras Hy-Line Brown de 70 semanas de edad que se dividieron en cinco grupos y se alimentaron con una de las cinco dietas experimentales con 3,5 %, 3,8 %, 4,1 %, 4,4 % o 4,7 % de Ca durante 10 semanas. No hubo diferencias significativas en el consumo de alimento, la producción de huevo y el peso del huevo entre los grupos. Los huevos resquebrajados se redujeron linealmente a medida que los niveles de Ca en la dieta aumentaron hasta el 4,7% ($p < 0,01$). Se determinó una mejora lineal significativa para la resistencia y el grosor de la cáscara del huevo al aumentar los niveles de Ca en la dieta ($p < 0,01$). Los contenidos de Ca sérico y fósforo no se vieron afectados por los niveles de Ca en la dieta. Con el aumento de los niveles de Ca en la dieta, la resistencia a la rotura tibial aumentó ligeramente. No hubo diferencias significativas en los contenidos tibiales de ceniza, Ca y fósforo entre los grupos. En conclusión, la calidad de la cáscara del huevo, medida por la apariencia, la fuerza y el grosor de la cáscara del huevo, estuvo influenciada por el contenido de Ca en la dieta como se esperaba ($p < 0,05$). Estos resultados sugirieron que las gallinas ponedoras envejecidas requieren un nivel relativamente más alto de Ca que los niveles requeridos por los estándares de alimentación coreanos actuales para aves de corral.

Niraula (11) realizó un estudio con el objetivo de investigar el efecto de la alimentación dividida de calcio sobre el rendimiento de puesta de las gallinas en el primer ciclo de producción, y para estudiar la calidad de los huevos y los huesos de las gallinas al final de la puesta. Un total de 7700 pollitas blancas Hendrix ISA Dekalb de 15 semanas de edad se dividieron en dos grupos que contenían el mismo número de aves (3850 en cada uno). El grupo de control se alimentó convencionalmente con 3,9 % de calcio en los gránulos, con una proporción de 2:1 de partículas de piedra caliza gruesa a fina, y con un régimen de alimentación de 09:00, 11:00, 14:00 y 17:00. El alimento del grupo de prueba contenía 1,6% de calcio. El grupo de prueba recibió el calcio restante como piedra caliza en partículas a las 14:00 y 17:00 horas de alimentación. Se midió la calidad del huevo de gallinas de 64, 68 y 72 semanas y la calidad del hueso al final de la producción. Se observó un aumento significativo en el peso del huevo en el grupo de prueba. El tratamiento no tuvo efecto sobre los rasgos de calidad de la cáscara del huevo, como el grosor de la cáscara, el peso de la cáscara, el porcentaje de cáscara y la resistencia a la rotura de la cáscara, y tampoco tuvo efecto sobre los parámetros de calidad del hueso, como la longitud, el ancho, el peso y el contenido de cenizas. Este estudio sugiere el potencial de implicación de la alimentación dividida, sin embargo, es esencial para determinar de manera más concluyente una evaluación real del rendimiento de puesta.

El Ca se incorpora al hueso como hidroxiapatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$], un compuesto que contiene P, y a la cáscara del huevo como carbonato de calcio (CaCO_3) (12).

Cuando hay exceso de P, se une al Ca en el intestino para formar fosfato insoluble e interfiere con la absorción de Ca en el cuerpo, lo que provoca el deterioro de la calidad de la cáscara del huevo. Por el contrario, la deficiencia de P podría inducir la excreción de Ca, lo que daría lugar a una marcha falsa y anomalías en las patas, como fatiga de jaula por dispersión del cartílago, por lo que es crucial mantener una proporción adecuada de Ca a P (13)

Las gallinas generalmente necesitan de 25 a 26 h para poner un huevo, la mayor parte del tiempo requerido para la formación de la cáscara (18 a 20 h) (14, 15).

Los huevos son puestos generalmente por la mañana (16, 17) y la próxima ovulación ocurre dentro de 1 h (18). La producción de huevos comienza con aprox. 6 h de formación de albúmina que requiere principalmente proteínas y aminoácidos (19). A partir de entonces, la formación de la cáscara del huevo tiene lugar durante aprox. 18 h, que requiere principalmente calcio (20). El alimento de la mañana se digiere entre cuatro a cinco horas antes de que comience la formación de la cáscara del huevo (21). Por lo tanto, durante la formación de la cáscara del huevo, los nutrientes necesarios no están disponibles en el alimento y deben sustraerse del hueso (21).

La formación de la cáscara requiere grandes cantidades de Ca (2-2,5 g de Ca por huevo), alrededor de 2/3 del cual proviene directamente de la dieta de la gallina y el 1/3 restante se moviliza del hueso medular (22)

La formación de la cascara ocurre durante el período nocturno, el momento en que los niveles de Ca en el intestino son bajos ya que las aves muestran ayuno nocturno (23).

Para establecer la sincronización entre la disponibilidad circadiana de Ca en la dieta y la deposición circadiana de Ca en la cáscara del huevo, se propusieron dos mecanismos: (a) absorción eficiente de Ca durante el período temprano de oscuridad, cuando el alimento está presente en el intestino; y (b) proceso de reabsorción ósea eficiente durante el período de oscuridad posterior (21).

La mineralización de la cáscara tiene lugar 6 horas después de la ovulación, en el útero (2).

En esta etapa, el huevo se agranda hasta su tamaño máximo por la entrada de líquido que contiene agua y sal en la albúmina (24). La membrana de la cubierta de albúmina hinchada está bañada en líquido uterino que está sobresaturado con iones de calcio (6-10 mM) e iones de bicarbonato (70 mM) (25). En la superficie del huevo, la solución precipita rápidamente como calcita, que es el polimorfo estable del carbonato de calcio (25).

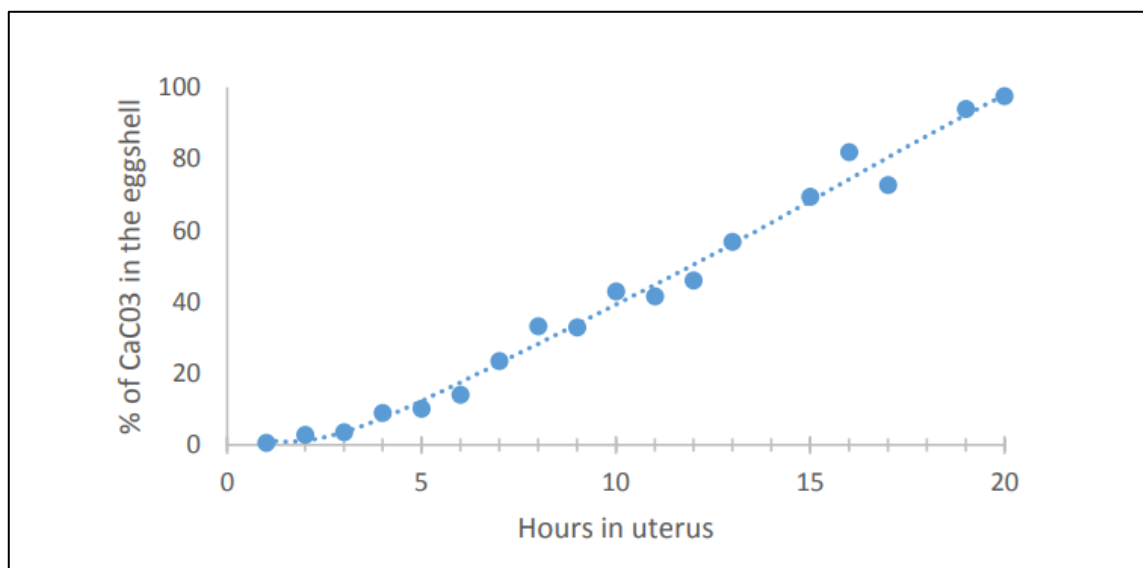
La calcificación de la cascara es un proceso que demora unas 20 horas y comprende 3 etapas. Las primeras 3-5 horas es el período de iniciación que se caracteriza por una mineralización lenta (11). Durante este período, el núcleo mamilar se nuclea con crecimientos radiales de

microcristales de calcita, lo que da lugar a la estructura en forma de cono conocida como protuberancia mamilar (25, 26). El botón mamilar en su conjunto forma la capa mamilar (fig. 3). La capa está anclada a la membrana de la cubierta exterior mediante la incrustación de fibras de la membrana de la cubierta exterior en las protuberancias (27, 26).

En la segunda etapa hay una calcificación rápida durante la cual se forma una región densamente calcificada conocida como región empalizada (11). Esta región es una estructura columnar de cristales de calcita formados por los cristales que crecen hacia el exterior compitiendo por el espacio (26) y se extiende desde la protuberancia mamilar hasta la región cristalina vertical de transición (25, 27).

La terminación de la calcificación de la cascara tiene lugar en la última hora antes de la oviposición (26). En la etapa final, la cutícula se deposita en la parte superior de la cáscara. La cutícula es un material orgánico, sin embargo, la capa interna de la cutícula también contiene una capa delgada de hidroxiapatita (28).

Fig. 1: Deposición de CaCO_3 en la cascara de huevo en el útero hasta la oviposición (Adaptado de Burmester (29)).



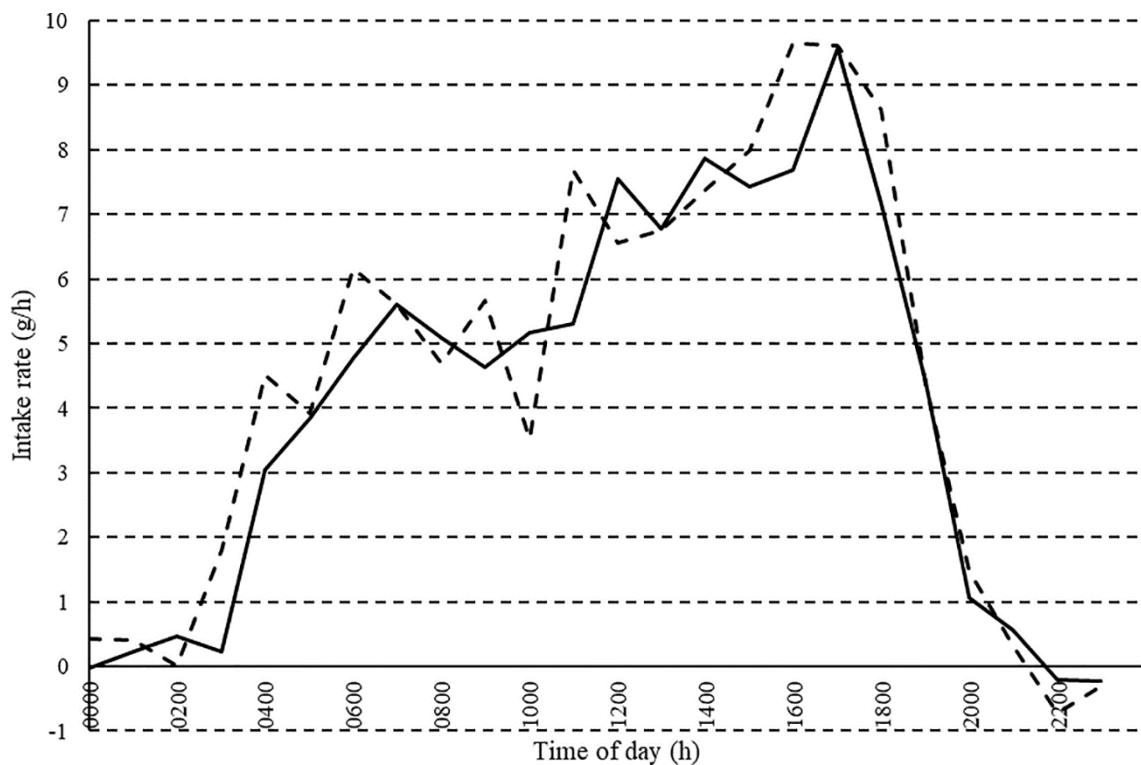
Las partículas grandes de Ca permanecen más tiempo en la molleja debido a su paso lento en el tracto gastrointestinal, lo que a su vez aumenta la solubilidad y disponibilidad in vivo en comparación con las partículas finas (30, 31).

La alimentación con piedra caliza de partículas grandes disminuyó la reabsorción ósea en las gallinas ponedoras y, por lo tanto, tuvo efectos beneficiosos sobre la salud y la calidad de la producción de las aves (32).

La alimentación de gallinas más jóvenes y más viejas con una fuente de Ca con partículas grandes (0,8–2 mm) de piedra caliza aumentó la producción de huevos, el peso de los huevos y la FCR (33).

La retención más prolongada de una fuente de Ca gruesa a veces puede inducir efectos negativos en gallinas ponedoras viejas debido a su incapacidad para suministrar una cantidad suficiente de Ca para las etapas iniciales de formación de la cáscara del huevo (14).

Fig. 2: Tasa media prevista de consumo por hora (g/h) a lo largo de 24 h para gallinas ISA Brown de alta eficiencia (línea continua) y baja eficiencia (línea discontinua) (Adaptado de Clark et al. (34))



El presente estudio implica la generación de información actualizada sobre una estrategia técnica que contribuirá al manejo del aporte del calcio con mayor precisión para la mejora y mantenimiento de la calidad externa del huevo en beneficio de la industria avícola.

Los resultados de este estudio será un gran aporte al conocimiento científico del manejo en la alimentación del calcio en relación con la calidad de huevo que será publicada para su difusión.

Por el lado de la seguridad alimentaria tendrá un impacto benéfico hacia el consumidor ya que permitirá tener acceso a un producto de mejor calidad.

Desde el punto de vista económico, esta estrategia permitirá una mayor comercialización de huevos de mayor calidad lo que traerá consigo un mayor beneficio económico a través de la comercialización.

Leeson et al. (35) reportan que 3,4 g de ingesta diaria de Ca era suficiente para las ponedoras de huevos marrones.

En esta línea, la hipótesis de este estudio es que las gallinas ponedoras pueden responder a una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio granulado por la tarde que abastece las necesidades de calcio diario y por lo tanto mejora la calidad externa de huevo de gallinas de postura, por lo que se llevó a cabo el estudio con el objetivo de determinar el efecto de la alimentación con una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio granulado por la tarde sobre la calidad de huevo, respuesta productiva y económica de gallinas de postura.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Nivel y tipo de investigación:

Investigación aplicada experimental

2.2 Lugar y fecha de ejecución

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad de investigación, enseñanza y extensión en nutrición 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 Chíncha – Ica – Perú.

El estudio se desarrolló entre los meses de agosto del 2022 a marzo del 2023

2.3 Localización geográfica y meteorológica

La ciudad de Chíncha está ubicada a 188 kilómetros al sur de Lima, sobre los 94 m s. n. m. Con una latitud de 13°27'00" S y longitud de 76°08'00" O. Una temperatura mínima promedio de 19.25°C y temperatura máxima promedio de 26.95°C. Humedad relativa mínimo promedio de 58.75 % y humedad relativa máxima promedio de 93.25 % (Estación Meteorológica de Chíncha, FONAGRO (36).

2.4 Materiales y equipo

a. Instalaciones y jaulas: galpón experimental de crianza abierta con jaulas metálicas de dos pisos. Cada uno de los casilleros tiene bebederos y comederos individuales.

b. Materiales:

- Gallinas de postura

Se utilizaron 40 gallinas de postura comercial de la línea genética LOHMANN Brown. El cálculo del tamaño de muestra se realizó utilizando el procedimiento del software GRANMO (37):

Dónde:

Z_{α} = valor de Z correspondiente al riesgo α fijado = 0.05 (1.645);

Z_{β} = valor de Z correspondiente al riesgo β fijado = 0.20 (0.842);

Tipo de contraste: bilateral

S = desviación estándar (*) = ± 1.8 (unidad Haugh)

(*) = El valor referencial de desviación estándar del valor de unidad Haugh se obtuvo de un estudio piloto previo en el galpón experimental (2022).

Diferencia mínima para detectar entre los grupos en el valor de unidad Haugh que se desea detectar en los huevos de gallinas=2

Proporción prevista de pérdidas de seguimiento = 20%

Tamaño de la muestra: 16 aves por grupo o tratamiento como mínimo

Considerando 2 grupos experimentales como tratamiento y 5 repeticiones por cada uno, se tienen 10 unidades experimentales en total, y 4 gallinas por unidad. Lo que corresponde a 40 gallinas de postura total.

Edad de las gallinas al inicio de la investigación:

37 semanas

Edad de las gallinas al término de la investigación:

67 semanas

c. Equipos:

- Equipo analizador de calidad de huevo (DET 6500) (Japón)
- Balanza analítica
- Micrómetro

2.5 Etapa previa al experimento

En esta etapa se realizaron diversas actividades de adaptación y organización de las unidades experimentales. Asimismo, se realizó una selección de las gallinas de postura para uniformizar consumo, producción de huevos, peso y masa de huevo y peso vivo de las gallinas.

La etapa experimental a nivel del galpón se inicia con la aplicación de los tratamientos y diseño experimental establecido y comprende un periodo de 8 semanas.

2.6 Alimentación y formulación de las dietas

Se formularon 2 dietas balanceadas de acuerdo con cada tratamiento (ANEXO). Las especificaciones de los nutrientes estuvieron de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura LOHMANN.

T-1: es una dieta testigo convencional con 3.7% de calcio, isonutricional y con nivel de energía metabolizable de 2750 Kcal/Kg

T-2: es una dieta con calcio reducido (2%), isonutricional y con nivel de energía metabolizable de 2750 Kcal/Kg

Para la elaboración de las fórmulas de las dietas alimenticias se utilizó el Software de formulación Animal Feed Optimization Software AFOS (38) y el LP máxima rentabilidad (39).

La alimentación será *ad libitum* de acuerdo con la evaluación previa (preexperimental) y la recomendación de la línea genética.

2.7 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.

2.8 Variables de evaluación:

a. Características externas de calidad de huevo

- Color de cáscara (escala colorimétrica LN-FMVZ-UNICA)
- Grosor de cascara (mm). Se mide el grosor de cuatro trozos de cáscara, uno por cada uno de los dos extremos (extremo ancho y estrecho) y dos del cuerpo de los huevos, se mide con una aproximación de 0.01 mm con la ayuda de un calimetro y se promedia.
- Peso de cascara (g/huevo). La membrana de la cubierta interna se retira de las cascara y se mantiene seca al aire libre durante 24 h. Todas las cáscaras secas se pesarán con la ayuda de una balanza digital.
- Porcentaje de cascara (%). El peso de la cáscara se divide por el peso del huevo para obtener la proporción o relación de cáscara.
- Ceniza de cascara de huevo (g/huevo)
- Gravedad específica (g/cm³). Se calculará de acuerdo con la ecuación siguiente (40):

$$GE = W / (0.968 W - 0.4759 SW)$$

Dónde:

W = peso de huevo (g)

SW = peso de cascara de huevo (g)

- Índice de cáscara de huevo (g/100 cm²). De acuerdo con la ecuación siguiente (41):

$$I = (C/S) \times 100$$

Dónde:

I = Índice de Cáscara del Huevo (g/100 cm²)

C = peso de cáscara (g)

$S = \text{Superficie de cáscara (cm}^2) = 4.68 \times P^{2/3}$ (42)

P = Peso de huevo (g)

- Resistencia a la rotura de cascara de huevo

b. Calidad interna de huevo

- Test de Unidad Haugh

Se determinó con el equipo analizador de huevo (DET 6500). Se utiliza de acuerdo con la metodología de Eisen *et al.* (43), 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

- Peso y porcentaje de yema:

Cada huevo codificado fue quebrado para verter su contenido en una superficie de vidrio plano y luego separado la yema y clara para su pesado en g/yema de huevo.

- Índice de yema:

Es un cálculo que se obtiene de la relación entre la altura de la yema / diámetro de la yema

- 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 16

b. Respuesta productiva:

- Consumo de alimento:

El consumo de alimento fue medido como la diferencia de la cantidad de alimento ofrecido menos el alimento residual y se calculó en gramos de alimento consumido por gallina/día

- Conversión alimenticia:

Es la relación entre el consumo de alimento (g) y la masa de huevo producido, se da en g/g/día.

- Eficiencia energética:

Es la relación entre el consumo de energía metabolizable (Mcal) y la masa de huevo producida, se da en Mcal/Kg.

- Producción de huevos:

Es el cálculo del número de huevos producido por la cantidad de gallinas de una repetición por día, se da en porcentaje

- Peso de huevo:

Los huevos fueron pesados individualmente con una balanza de precisión y las unidades de medida están en gramos por huevo

- Masa de huevo:

Es el cálculo del peso de huevo por el porcentaje de producción entre 100. Se da en g/día.

c. Evaluación económica

- Costo de alimentación: calculado a partir del costo de la dieta y el consumo del alimento por cada tratamiento.

- Margen económico sobre costo de alimentación: calculado a partir del ingreso bruto (S/) por venta de 1 Kg de masa de huevo menos el costo de alimentación por la masa de huevo producido durante el periodo de la prueba.

- Retribución económica: calculado como la proporción del margen económico comparado a otros tratamientos.

2.9 Diseño experimental

Las aves experimentales fueron distribuidas siguiendo el protocolo de un Diseño Completamente al Azar (DCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, dando un total de 10 unidades experimentales (4 gallinas por unidad experimental).

2.10 Tratamientos experimentales

T-1: Dieta convencional – testigo (3.75 % de calcio) sin suplemento de carbonato de Ca

T-2: Dieta con calcio reducido (2.50%) y suplementada con 3.95 g de CaCO₃ por las tardes

2.11 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

a. Observación: desde el inicio del experimento todas las unidades experimentales estuvieron bajo observación para verificar que se cumpla con el plan establecido. Se observó el consumo de alimento, ventilación del ambiente, estado sanitario de las aves, temperatura del galpón, características de las heces, mortalidad entre otros factores.

b. Registros: consistió en registrar todos los datos que corresponde a las variables dependientes en estudio sobre calidad de huevo e indicadores de respuesta productiva de las gallinas de postura.

c. Hojas de cálculo de Excel: se utilizó las hojas de cálculo de Excel para efectos de estimar y calcular los indicadores de los datos primarios como por ejemplo consumo de alimento semanal y diario, índice de conversión alimenticia, eficiencia energética y los indicadores de calidad de huevo.

d. Tablet: este dispositivo fue utilizada para registrar, almacenar y realizar los cálculos de los datos tabulados.

2.12 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos siguieron las recomendaciones de Salvador (44), donde los datos de las variables cuantitativas a evaluar fueron analizados como un diseño completamente aleatorizado con ANOVA unidireccional (one-way) y T-Student independiente. Las variables no paramétricas fueron analizadas con la prueba Mann Whitney-Wilcoxon. Los análisis de Supuestos estadísticos como la homocedasticidad y la normalidad (valores numéricos de la variable dependiente siguen una distribución o curva normal) se verificó antes del análisis utilizando la prueba de Levene y Shapiro-Wilk (< 50 muestras).

Cada réplica se consideró como una unidad experimental para todos los análisis. Se verificaron todos los datos para determinar la distribución normal y los valores atípicos con el procedimiento UNIVARIATE de SAS. Estadística descriptiva (Estadígrafos de posición y dispersión, como media aritmética y desviación estándar).

Se utilizó la prueba de Tukey y el procedimiento LSMEANS para calcular las medias del tratamiento y se utilizó la opción PDIFF de SAS para separar las medias si la diferencia es significativa.

La significación estadística se estableció en $P < 0.05$, mientras que la tendencia estadística en $0.05 < P \leq 0.10$. Los análisis serán procesados utilizando los procedimientos UNIVARIATE y GLM del software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2021, v. 9.4) (45)

III. RESULTADOS

3.1 Calidad externa e interna de huevo

En la tabla 1 se muestra los resultados del efecto de la dieta reducida en Ca sobre las características de la cáscara de huevo. No se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en ninguna de las variables evaluadas.

Tabla 1: Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre las características de la cáscara de huevo

Características de la cáscara	Dieta testigo con 3.75% Ca	Dieta con 2.5%Ca + 3.95 g CaCO ₃	P-value
Color (score)	7.05 ±0.57	7.40 ±0.41	0.3589
Grosor (mm)	0.385 ±0.037	0.412 ±0.025	0.2215
Peso cáscara (g)	6.36 ±0.60	6.51 ±0.67	0.7209
Cáscara (%)	9.67 ±0.94	9.65 ±0.49	1.000
Ceniza (%)	95.04 ±0.68	95.22 ±0.27	1.000
GE (g/cm ³)	1.084 ±0.005	1.085 ±0.003	0.7843
índice cascara	8.33 ±0.80	8.48 ±0.66	0.7578
Resistencia (Kg.f)	3.12 ±0.48	3.45 ±1.03	0.5289

$P>0.05$ = diferencias de valores promedios entre tratamientos son estadísticamente no significativas

En la tabla 2 se muestra los resultados del efecto de la dieta reducida en Ca sobre las características internas del huevo. No se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en ninguna de las variables evaluadas. El color de yema tendió ($P=0.0827$) a ser más alto para el tratamiento de la dieta con 2.5% de Ca y suplementado con 3.95 g de CaCO_3 por las tardes.

Tabla 2: Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre las características internas de calidad de huevo ($\bar{x}\pm\text{DE}$)

Características internas	Dieta testigo con 3.75% Ca	Dieta con 2.5%Ca + 3.95 g CaCO_3	P-value
Unidad Haugh	94.12 \pm 3.64	94.79 \pm 1.73	0.8392
Peso de yema	16.34 \pm 0.33	16.12 \pm 0.97	0.6515
yema	25.36 \pm 0.66	25.38 \pm 0.28	1.000
Índice de yema	0.42 \pm 0.014	0.45 \pm 0.034	0.1777
Color de yema	6.06 \pm 0.43	6.66 \pm 0.23	0.0827

$P>0.05$ = diferencias de valores promedios entre tratamientos son estadísticamente no significativas

3.2 Respuesta productiva

En la tabla 3 se muestra los resultados del efecto de la dieta reducida en Ca sobre la respuesta productiva de gallinas de postura. No se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en ninguna de las variables evaluadas. El peso de huevo tendió ($P=0.0539$) a ser más alto para el tratamiento de la dieta testigo convencional con 3.75% de Ca.

Tabla 3: Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre la respuesta productiva de gallinas de postura ($\bar{X}\pm DE$)

Respuesta productiva	Dieta testigo con 3.75% Ca	Dieta con 2.5%Ca + 3.95 g CaCO ₃	P-value
Consumo de alimento (g/gallina/día)	123.62 ±5.45	117.62 ±5.77	0.1296
Conversión (g/g)	2.044 ±0.26	2.023 ±0.215	0.8971
Eficiencia energética (Mcal/Kg de masa)	5.62 ±0.72	5.56 ±0.59	0.8971
Producción de huevos (%)	90.71 ±10.07	91.28 ±8.95	0.9186
Peso de huevo (g/huevo)	67.43 ±2.80	64.16 ±1.62	0.0539
Masa de huevo (g/día)	61.14 ±7.02	58.59 ±6.10	0.5580

$P>0.05$ = diferencias de valores promedios entre tratamientos son estadísticamente no significativas

3.3 Evaluación económica

En la tabla 4 se presentan los resultados del costo de alimentación por Kg de masa de huevo producido. Se observa que el costo más bajo fue para la dieta con 2.5% de Ca. El margen sobre el costo de alimentación fue mayor para la dieta testigo y consecuentemente una mayor retribución económica.

Tabla 4: Efecto de una dieta reducida en calcio y suplementada con carbonato de calcio por las tardes sobre costo de alimentación (CA), margen sobre costo de alimentación (MSCA) y retribución económica (RE) de gallinas de postura.

Indicadores	Dieta testigo con 3.75% Ca	Dieta con 2.5%Ca + 3.95 g CaCO ₃
CA (S/Kg de masa huevo)	3.903	3.801
MSCA (S/)	15.57	15.29
RE (%)	100	98.20

Costo dieta testigo=S/ 1.9098/Kg de alimento

Costo dieta 2.5% Ca=S/ 1.8782/Kg de alimento

Precio venta de huevo= S/ 7.5/Kg huevo

IV. DISCUSION

Según los resultados encontrados, utilizar una dieta reducida en Ca (2.50%) y la suplementación con 4.95 g de CaCO₃ por las tardes (4pm) para completar el requerimiento de Ca diario, sin afectar la calidad de huevo y respuesta productiva de las gallinas de postura, podría ser una alternativa interesante desde el punto de vista práctico. Sin embargo, se requiere unos estudios complementarios y ajustes necesarios para su validación y uso comercial.

La gallina de postura requiere Ca cada día (la cantidad depende de diferentes factores) lo que lo obtiene principalmente a través de la absorción de la dieta (alrededor de 60-75%) y de las reservas de la médula ósea lo restante.

Al realizar los cálculos de consumo de Ca entre los dos tratamientos, se tiene que con la dieta testigo convencional (3.75% Ca) las gallinas tuvieron un consumo promedio diario de 4.64 g de Ca/día y con la dieta reducida en Ca (2.50% Ca) y suplementada con CaCO₃ las gallinas tuvieron un consumo de 4.44 g de Ca/día, lo que corresponde a un diferencial numérico de 0.20 g de Ca.

Al comparar nuestros resultados con la tabla del NRC (46) que recomienda un 3.25% de Ca en la dieta, lo que corresponde a 3.6 g/día/gallina para las gallinas ponedoras marrones, entonces hay un sobre consumo de 0.84 g para la dieta evaluada con Ca reducido. Sin embargo, actualmente, la mayoría de las recomendaciones de las principales líneas genéticas que se comercializan en nuestro país está entre 4 a 4.7 g de Ca por gallina/día, dependiendo de la edad o fase de producción, considerando que a mayor edad la recomendación aumenta. Los consumos de Ca encontrado en este estudio que fueron de 4.64 y 4.44 g de Ca/día para la dieta testigo y dieta reducida en Ca respectivamente, están dentro de este rango recomendado por las líneas genéticas.

Según un estudio de metaanálisis sobre consumo de Ca/gallina/día realizado por Batres (47) tomando en cuenta diferentes artículos científicos publicados desde los años 1980 hasta el 2020, en diferentes líneas genéticas de huevos marrón y con edad de inicio del experimento de 19 y hasta 70 semanas de edad con periodo de duración del experimento entre 10 a 12 semanas, encontró que el consumo estuvo entre 3.4 a 5.57 g de Ca/gallina/día y con recomendaciones básicas para producción de huevos, consumo, conversión, peso y calidad de huevo. Así mismo, Batres (47) señala que las discrepancias en las recomendaciones de Ca probablemente se deban a diferencias experimentales en las aves utilizadas (es decir, raza, edad, nivel de producción), condiciones de prueba (es decir, alojamiento, duración de la prueba, temperaturas ambientales, IF) o dietas (es decir, especificaciones de nutrientes, rango de Ca probado, tamaño de partícula de alimentación y suministro de partículas de Ca).

Es muy importante tomar en cuenta las conclusiones del estudio reciente de Batres (47) quien destaca que, en el caso de la nutrición con Ca, las ponedoras modernas pueden adaptarse a una reducción del Ca en la dieta mediante un aumento en la digestibilidad del FI y el Ca para superar el desafío en el corto plazo, lo que sugiere que las gallinas tienen apetito por el Ca. Las gallinas ponedoras también pueden tolerar una reducción sustancial de Ca en la dieta a corto plazo. Sobre las recomendaciones de Ca, muchos investigadores coinciden en que existen discrepancias en las recomendaciones de cuidado porque es necesario considerar muchos factores internos y externos (tensión, factores ambientales y otros nutrientes). Dentro del rango informado, los niveles crecientes no tienen un efecto perjudicial sobre el rendimiento, la calidad de la cáscara y los parámetros de calidad ósea. Los resultados de los modelos de regresión de variables de respuesta fueron respaldados abrumadoramente por la literatura existente y también sugirieron que los requerimientos de Ca para un desempeño óptimo de las gallinas ponedoras modernas probablemente hayan aumentado.

Nuestros resultados de consumo de Ca también se encuentran dentro del rango estudiado por Batres (47) que fue de 3.4 a 5.57 g/Ca/gallina/día. Esta investigadora menciona que las gallinas modernas pueden adaptarse a una reducción del Ca en la dieta y también pueden tolerar a una reducción sustancial de Ca. Esta indicación es muy importante ya que se podría reducir aún más el nivel de Ca en las dietas, con ello una reducción del CaCO₃. El abastecimiento de carbonato de calcio como fuente de Ca en la dieta es de importancia, ya que, dada su naturaleza alcalina de esta fuente, un exceso podría aumentar el pH a nivel de buche, proventrículo y molleja que afecta negativamente la actividad enzimática endógena y exógena y adicionalmente forma complejos insolubles de Ca-fitato, reduciendo la absorción de Ca que afecta la calidad de cascara de huevo.

Trabajar dietas con niveles de Ca reducido podría funcionar en las gallinas de postura jóvenes. Los huevos puestos por las gallinas antes de las 39 semanas de edad son marcadamente diferentes de los huevos puestos después según las características físicas y de calidad de los huevos (48). A medida que avanza la edad, las características de calidad de huevo también disminuyen. El peso relativo de la cáscara, su espesor y su resistencia a la rotura disminuyen hacia el final del ciclo de producción, como resultado de cambios en la organización ultraestructural de la cáscara y un metabolismo de Ca menos eficiente en gallinas ponedoras viejas (49; 50).

Las gallinas ponedoras pueden mantener la productividad con dietas reducidas en P disponible y Ca, dependiendo del grado de deficiencia de nutrientes (51).

Según estudio de Bello *et al.* (52), las gallinas ponedoras pudieron adaptarse fisiológicamente a la reducción de Ca y P disponible y mantener el rendimiento a expensas del peso corporal y la

mineralización ósea, hasta que su peso corporal y su reserva ósea ya no pudieron soportar el rendimiento y la formación de la cáscara del huevo.

Según David et al. (53) las gallinas suelen absorber aproximadamente entre el 60 y el 70 % del Ca consumido en la dieta. Durante la formación de la cáscara del huevo, la absorción de Ca en la dieta aumenta 6 veces en los intestinos (4). La contribución relativa de Ca del hueso para la formación de la cáscara aumenta durante la noche debido a un suministro reducido de Ca absorbido desde el intestino (54, 55).

El enfoque del sistema de alimentación convencional puede no ser ideal, ya que la absorción de Ca varía durante el día. Durante las primeras 5 a 6 h de formación del huevo, cuando tienen lugar la ovulación y la formación de albumen, sólo aproximadamente el 40% del Ca disponible se absorbe de la dieta, mientras que, durante la formación de la cáscara, esta proporción aumenta hasta un 70 a 80% (56).

Las gallinas utilizan principalmente Ca de la dieta cuando la calcificación de la cáscara del huevo ocurre durante el día cuando las aves están comiendo, y Ca esquelético durante el ayuno nocturno de las aves cuando el Ca de la dieta se limita a lo que queda en la molleja (47).

La calidad de la cáscara se refiere a la resistencia y la construcción de la cáscara y esta relación es compleja (47). La calidad de la cáscara disminuye a medida que avanza el ciclo de producción debido a la incapacidad de la gallina de depositar Ca adicional a medida que aumenta el tamaño del huevo, aunque puede haber una gran reserva de hueso medular disponible (57)

Actualmente las gallinas modernas han mejorado su potencial productivo y han extendido su producción, por lo que es importante mantener la calidad de la cáscara y la integridad de los huesos en ciclos de producción prolongados, por lo que se hace necesario reevaluar la nutrición de las gallinas ponedoras, lo más importante en cuanto a los requerimientos diarios de Ca y el momento y la fuente de su suplementación y absorción (58). La mala calidad de la cáscara del huevo sigue provocando que un número significativo de huevos no se puedan vender, incluso con una dieta adecuada de Ca (32).

Las gallinas ponedoras marrones se mantienen en producción en promedio hasta las 80 semanas. Sin embargo, en la última fase del ciclo de producción, la producción de huevos disminuye y hay un aumento proporcional de huevos agrietados debido a la disminución de la calidad de la cáscara. Se espera que las gallinas ponedoras produzcan 500 huevos de primera calidad hasta las 100 semanas de edad sin mudar en ciclos de producción prolongados. Por lo tanto, los problemas relacionados con la disminución de la calidad de la cáscara deben abordarse mediante la selección genética y también optimizando la nutrición y el manejo (58).

El abastecimiento de las fuentes de Ca requiere tener en cuenta el tamaño de las partículas. Las fuentes de piedra caliza fina y gruesa se utilizan ampliamente como suplemento de Ca, y difieren no sólo en el tamaño de las partículas sino también en la solubilidad. Las partículas gruesas de piedra caliza (>0,8 mm) se solubilizan más lentamente en la molleja, lo que permite una liberación de Ca más constante, mientras que las partículas finas debido a la textura en polvo proporcionan Ca inmediatamente disponible para su absorción (30). Las partículas más grandes de Ca permanecen en el tracto digestivo superior (buche y molleja) durante un período de tiempo más largo que las fuentes de Ca molidas, lo que resulta en que el Ca esté disponible para la gallina durante un período de tiempo más largo (59). Durante el período de 8 a 9 h de oscuridad cuando no se consume alimento, las partículas grandes de Ca pueden ser favorables, pero los requerimientos de Ca son altos debido a la formación de la cáscara del huevo (18). Las gallinas tienen un mayor apetito de Ca en las últimas horas del período de luz (60).

Un estudio de Molnar et al. (58) sobre alimentación dividida no mejoró el rendimiento ni la calidad de la cáscara en gallinas ponedoras marrones mantenidos durante un ciclo de producción prolongado (hasta 85 semanas). Se podría utilizar piedra caliza fina en la dieta de la mañana para favorecer la reabsorción de Ca en los huesos, y se podría utilizar piedra caliza gruesa en la dieta de la tarde para suministrar Ca durante más tiempo para la formación de la concha durante la noche. Estos factores se consideran en el llamado sistema de alimentación dividida, donde las gallinas reciben una dieta diferente por la mañana y por la tarde (58)

La dieta matutina tiene un menor contenido de Ca, exclusivamente en forma de piedra caliza fina, y los niveles de proteína y energía también aumentan para proporcionar más proteínas para la formación de albúmina (61).

En la dieta de la tarde, las gallinas reciben una dieta más baja en proteínas y energía y una mayor cantidad de Ca, alimentadas exclusivamente en forma gruesa. Este sistema de alimentación intenta mejorar la calidad de la cáscara ofreciendo una mejor combinación entre la suplementación de Ca y los requerimientos de la gallina ponedora. Las gallinas podrían depender menos de sus reservas óseas si se les proporciona una mayor cantidad de Ca en forma de piedra caliza gruesa en la dieta de la tarde (58). Según estudio de Roland (62) encontró que el tamaño grande de las partículas no tiene efecto sobre la calidad de la cáscara cuando los niveles de Ca en la dieta son adecuados.

Algunos estudios reportan que no existe un vínculo necesario entre el espesor de la cáscara del huevo y su dureza (resistencia a rotura) (63, 64). La nanoestructura de mineralización de la cáscara del huevo contribuye a su dureza (65). Se requieren de estudios complementarios para precisar mejor este tema.

Finalmente, los resultados de la evaluación económica indican que la dieta con Ca reducido obtuvo el menor costo de alimentación por Kg de masa de huevo producido. Sin embargo, en base a los cálculos efectuados, la dieta testigo logró obtener el mayor margen sobre el costo de alimentación por la cantidad de masa de huevo producido por cada gallina en todo el periodo de la prueba. Es necesario señalar que este mayor margen es por la mayor cantidad de masa de huevo conseguido con la dieta testigo convencional, pero según los resultados de respuesta productiva si bien numéricamente hay mayor masa de huevo, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa lo que podría hacer variar también el margen.

V. CONCLUSION

Bajo las condiciones del estudio, utilizar una dieta reducida en Ca (2.50%) y suplementada diariamente con 3.95 g de CaCO₃ de tamaño de partícula gruesa (3-4 mm) por las tardes, no afectó significativamente la calidad externa e interna del huevo y respuesta productiva de las gallinas de postura. El costo de alimentación fue más bajo para la dieta con 2.5% de Ca y el mayor margen sobre costo de alimentación y retribución económica fue para la dieta testigo convencional (3.75% de Ca). Esta estrategia podría ser una alternativa para manejar mejor el programa de alimentación en gallinas de postura sin afectar la calidad de cáscara, sin embargo, se debe hacer estudios complementarios para confirmar y validar los resultados encontrados.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Replicar este estudio bajo condiciones diferentes como el aumento del número de repeticiones por tratamiento.
- 6.2 Evaluar esta metodología en otras líneas genéticas comerciales y en otras fases de producción
- 6.3 En próximas evaluaciones considerar análisis de ceniza, calcio y fosforo de la tibia.
- 6.4 Proponer esta metodología para una evaluación previa a nivel comercial antes de su validación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. An SH, Kim DW, An BK. Effects of Dietary Calcium Levels on Productive Performance, Eggshell Quality and Overall Calcium Status in Aged Laying Hens. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2016;29(10):1477-1482. doi:10.5713/ajas.15.0655
2. Roberts JR. Factors affecting egg internal quality and eggshell quality in laying hens. *J Poult Sci.* 2004; 41:161–177.
3. Roland DA. Research note: Egg shell problems: Estimates of incidence and economic impact. *Poult Sci.* 1988; 67:1801–1803.
4. Al-Batshan HA, Scideler SE, Black BL, Garlich JD, Anderson KE. Duodenal calcium uptake, femur ash and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poult Sci.* 1994;73: 1590–1596.
5. Elaroussi MA, Forte LR, Eber SL, Biellier HV. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. *Poult Sci.* 1994; 73:1581–1589.
6. Garlich J, Brake J, Parkhurst CR, Thaxton JP, Morgan GW. Physiological profile of caged layers during one production year, molt and postmolt: Egg production, eggshell quality, liver, femur, blood parameters. *Poult Sci.* 1984; 63:339–343.
7. Abd El-Razek, MM, Makled MN, Galal AE, El-Kelawy MI. effect of split feeding system on egg production and egg quality of dandarawi layers. *Egypt. Poult. Sci.* 2020; (40) (II): (359-371).
8. Hunton P. Research on eggshell structure and quality: an historical overview. *Brazilian Journal of Poultry Science.* 2005; 7(2), 67-71.
9. Chah C. Moran Jr E. Egg characteristics of high performance hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein, and calcium. *Poultry Science.* 1985; 64 (9): 1696-1712.
10. Castilla RJ. Relación del nivel de calcio en la dieta y contenido de ceniza de cascara como indicador de calidad externa de huevo de ponedoras comerciales. Tesis para optar el título profesional de Médico veterinario zootecnista. 2021. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Perú. 76 p.
11. Niraula T. Effect of afternoon feeding of particulate limestone on layers’ performance, egg and bone quality. Master’s Thesis 2018 30 ECTS. Department of Animal and Aquacultural Sciences Faculty of Biosciences. Norwegian University of Life Sciences. 48 p.
12. Lee, WD, Kothari D, Niu KM. et al. Superiority of coarse eggshell as a calcium source over limestone, cockle shell, oyster shell, and fine eggshell in old laying hens. *Sci Rep.* 2021; 11, 13225. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92589-y>

13. Pelicia K. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. *Braz. J. Poult. Sci.* 2009; 11: 39–49.
14. Molnár A, Hamelin C, Delezie E, Nys Y. Sequential and choice feeding in laying hens: adapting nutrient supply to requirements during the egg formation cycle. *Worlds Poult. Sci. J.* 2018; 74: 199–210.
15. Khan S, Roberts J, Wu SB. Reference gene selection for gene expression study in shell gland and spleen of laying hens challenged with infectious bronchitis virus. *Sci. Rep.* 2017; 7: 1–12.
16. Zakaria AH, Plumstead PW, Romero-Sanchez H, Leksrisonpong N, Osborne J, Brake, Oviposition pattern, egg weight, fertility, and hatchability of young and old broiler breeders¹, *Poultry Science*. 2005; 84(9): 1505-1509, ISSN 0032-5791.
17. Zakaria AH, Omar OH, Egg laying pattern, egg weight, body weight at hatch, and sex ratio bias relative to oviposition time of young-and mid-age broiler breeders, *Animal Reproduction Science*. 2013; 141: 1–2, Pages 80-85, ISSN 0378-4320.
18. Etches RJ. Calcium Logistics in the Laying Hen, *The Journal of Nutrition*. 1987; 117 (3): 619–628, <https://doi.org/10.1093/jn/117.3.619>
19. Leeson Steven, Summers JD. Commercial poultry nutrition. Nottingham University Press, 2005.
20. Bootwalla SM, Wilson HR, Harms RH, Performance of Broiler Breeders on Different Feeding Systems¹, *Poultry Science*. 1983; 62 (12): 2321-2325, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps.0622321>.
21. Bar A. Calcium transport in strongly calcifying laying birds: Mechanisms and regulation. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 2008; 152: 447–469.
22. Bain MM, Nys Y, Dunn IC. Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? *Br. Poult. Sci.* 2016; 57: 330–338.
23. Harvey S, Scanes CG. Avian reproduction. In *Fundamentals of Comparative Vertebrate Endocrinology* (I. Chester-Jones, P. M. Ingleton & J. G. Phillips, Eds.). 1986; 125–185.
24. Taylor T. How an eggshell is made. *Scientific American*, 1970; 222 (3): 88-97
25. Hincke MT, Nys Y, Gautron J, Mann K, Rodriguez-Navarro AB, McKee MD. The eggshell: structure, composition and mineralization. *Front Biosci.* 2012; 17 (1266): 120
26. Nys Y, Gautron J, Garcia-Ruiz JM, Hincke, MT. Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol.* 2004; 3 (6-7): 549-562.
27. Nys Y, Hincke M, Arias J, Garcia-Ruiz J, Solomon S. Avian eggshell mineralization. *Poultry and Avian Biology Reviews*. 1999; 10 (3): 143-166.

28. Dennis JE, Xiao SQ, Agarwal M, Fink DJ, Heuer AH, Caplan AI. Microstructure of matrix and mineral components of eggshells from white leghorn chickens (*Gallus gallus*). *Journal of Morphology*. 1999; 228 (3): 287-306.
29. Burmester B. A study of the physical and chemical changes of the egg during its passage through the isthmus and uterus of the hen's oviduct. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology*. 1940; 84 (3): 445-500.
30. Zhang B, Coon CN. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. *Poult. Sci*. 1997; 76: 1702–1706.
31. Anwar MN, Ravindran V, Morel PCH, Ravindran G, Cowieson AJ. Effect of calcium source and particle size on the true ileal digestibility and total tract retention of calcium in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2017; 224: 39–45.
32. Saunders-Blades JL, MacIsaac JL, Korver DR, Anderson DM. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Poult. Sci*. 2009; 88: 338–353.
33. Skřivan M, Marounek M, Bubancova I, Podsedníček M. Influence of limestone particle size on performance and egg quality in laying hens aged 24–36 weeks and 56–68 weeks. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2010; 158: 110–114.
34. Clark CEF, Akter Y, Hungerford A, Thomson P, Islam MR, Groves PJ, et al. The intake pattern and feed preference of layer hens selected for high or low feed conversion ratio. *PLoS ONE*. 2019; 14(9): e0222304. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222304>
35. Leeson S, Summers JD, Caston L. Response of brown-egg strain layers to dietary calcium or phosphorus. *Poult. Sci*. 1993; 72:1510-1514.
36. FONAGRO. Información meteorológica diaria de la estación. Chincha. SENAMHI. Dirección Regional de Ica. 24 p. 2019.
37. GRAMNO. Software for calculation statics. 2022
38. AFOS. Software for formulation of diets. 2022
39. Guevara VR. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*. 2004; 83 (1): 147 151.
40. Kul S, Seker I. Phenotypic correlation between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science*. 2004; 3: 400-405.
41. Ahmed AMH, Rodriguez-Navarro AB, Vidal ML, Gautron J, Garcia-Ruiz JM, Nys Y. Changes in eggshell mechanical properties, crystallographic texture and in matrix proteins induced by moult in hens. *British Poultry Science*. 2005; 46, 268–279.

42. Thompson BK, Hamilton RMG, Grunder AA. The relationship between laboratory measures of eggshell quality and breakage in commercial egg washing and candling equipment. *Poult Sci.* 1985; 64: 901–909
43. Eisen EJ, Bohren BB, y McKean HE. *Poultry Science.* 1962; 41: 1461 – 1468.
44. Salvador TE. Curso de Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Perú.
45. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User’s Guide: Statistics. Version 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2021
46. NRC. Nutrient requirements of poultry. 1994. Natl. Acad. Sci. ed., Washington, DC.
47. Batres D. Evaluation of dietary calcium level effects on the productivity, eggshell quality, and bone traits of laying hens. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Animal Science. Department of Agricultural, Food and Nutritional Science. University of Alberta. 2022. 296 p.
48. Sirri F, Zampiga M, Berardinelli A, Meluzzi A. Variability and interaction of some egg physical and eggshell quality attributes during the entire laying hen cycle. *Poult. Sci.* 2018; 97:1818–1823.
49. Bar A, Striem S, Rosenberg J, Hurwitz S. Egg shell quality and cholecalciferol metabolism in aged laying hens. *J. Nutr.* 1988; 118:1018–1023.
50. Rodriguez-Navarro A, Kalin O, Nys Y, Garcia-Ruiz M. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *Br. Poult. Sci.* 2002; 43:395–403
51. Geraldo A, Gomes KRA, Fassani EJ, Bertechini AG, Sim~ao SD, Nogueira FS. Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. *Acta Sci. Anim. Sci.* 2014; 36:285–290.
52. Bello A, Dersjant-Li, Y, Korver DR. Effects of dietary calcium and available phosphorus levels and phytase supplementation on performance, bone mineral density, and serum biochemical bone markers in aged white egg-laying hens. *Poultry Science.* 2020; 99:5792–5801. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.082>
53. David LS, Abdollahi MR, Bedford MR, Ravindran V. Comparison of the apparent ileal calcium digestibility of limestone in broilers and layers. *Br. Poult. Sci.* 2021; 62:852–857.
54. de Matos R. Calcium metabolism in birds. *Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract.* 2008; 11:59-82.
55. Bar A. Calcium transport in strongly calcifying laying birds: mechanisms and regulation. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 2009; 152:447-469
56. Leeson S, Summers JD. Phase Feeding. 2009; Page 413 in *Commercial Poultry Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK

57. Whitehead CC. Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poult. Sci.* 2004; 83:193-199
58. Molnar A, Kempen I, Sleenckx N, Zoons J, Maertens L, Ampe B, Buyse J, Delezie E. Effects of split feeding on performance, egg quality, and bone strength in brown laying hens in aviary system. *J. Appl. Poult. Res.* 2018; 27:401–415
<http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfy011>
59. Scott ML, Hull SJ, Mullenhoff PA. The calcium requirement of laying hens and effects of dietary oyster shells upon eggshell quality. *Poult. Sci.* 1971; 50: 1055 – 1063
60. Mongin P, Sauveur B. Voluntary food and calcium intake by the laying hen. *Br. Poult. Sci.* 1974; 15:349–359.
61. Hiramoto K, Muramatsu T, Okumura J. Protein synthesis in tissues and in the whole body of laying hens during egg formation. *Poult. Sci.* 1990; 264–269
62. Roland DA. Eggshell quality IV: Oyster shell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. *World's Poult. Sci. J.* 1986; 42: 166 – 171
63. Cufadar Y, Olgun O, Yildiz AO. The effect of dietary calcium concentration and particle size on performance, eggshell quality, bone mechanical properties and tibia mineral contents in moulted laying hens. *Br. Poult. Sci.* 2011; 52:761–768.
64. Xiao YQ, Shao D, Sheng ZW, Wang Q, Shi SR. A mixture of daidzein and Chinese herbs increases egg production and eggshell strength as well as blood plasma Ca, P, antioxidative enzymes, and luteinizing hormone levels in post-peak, brown laying hens. *Poult. Sci.* 2019; 98:3298–3303.
65. Athanasiadou D, Jiang W, Goldbaum D, Saleem A, Basu K, Pacella MS, Boehm CF, Chromik RR, Hincke MT, Rodríguez-Navarro AB, Vali H, Wolf SE, Gray JJ, Bui KH, McKee MD. Nanostructure, osteopontin, and mechanical properties of calcitic avian eggshell. *Sci. Adv.* 2018; 4(3) eaar3219.

VIII. ANEXO

8.1 Fórmulas de las dietas utilizadas

Formula de la dieta testigo (T-1)

T-1 TESTIGO LOHMANN

Plant: GALLINAS

Batch Size(USD/kg): 100.0000

Cost in USD/kg: 1.9098

Batch Cost(in USD): 190.9799

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			58.7364	58.7364	109.2497	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			16.0704	16.0704	41.1402	
SP DE TRIGO, 15.1	1.15			12	12	13.8	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25			6	6	1.5	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			3.2482	3.2482	0.812	
ACEITE DE SOYA	4.5			1	1	4.5	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			0.9922	0.9922	6.499	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46			0.862	0.862	2.1204	
SAL COMUN	0.515			0.2878	0.2878	0.1482	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.96	
METIONINA	19.8			0.1667	0.1667	3.3001	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1662	0.1662	1.1968	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.12	3	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.1	1.9	
LISINA	17			0.0502	0.0502	0.8535	

100.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	1.08		2.0571	
Alanina SID		%			0.2878	
Alanina T	2	%			0.7927	
Almidon	3	%			41.8739	
Arginina SID	4	%	0.67		0.8447	
Arginina T	5	%			0.914	
ASP SID		%			0.1175	
Asp T	6	%			0.7511	

BED	7	mEq/Kg			161.5587	
Calcio	8	%	3.75	3.75	3.75	-0.0314
Ceniza	9	%			2.3673	
Cloro	10	%			0.2756	
Colina	11	mg/kg	1850		1850	
Cystina SID	12	%			0.2079	
Cystina T	13	%			0.2513	
EM pollitas	18	kcal/kg			2705.7197	
EM pollos		kcal/kg			2705.7197	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2750		2750	0.0001
EN pollos		kcal/kg			2169.1858	
ENeta postura		kcal/kg			2212.8787	
Extracto etereo	24	%			4.1973	
FDA	25	%			4.7686	
FDN	26	%			15.1913	
Fenylalanina SID	27	%			0.6155	
Fenylalanina T	28	%			0.6897	
Fibra cruda	29	%			2.8387	
Gli SID		%			0.141	
GLU SID		%			0.5169	
Glu T	30	%			1.4447	
Gly + Ser T	31	%			1.3591	
Glycina T	32	%			0.6236	
Histidina SID	33	%			0.3477	
Histidina T	34	%			0.3949	
Isoleucina SID	35	%	0.51		0.51	0.055
Isoleucina T	36	%			0.5754	
Leucina SID	38	%			1.1609	
Leucina T	39	%			1.27	
Lysina SID	40	%	0.64		0.64	0.1948
Lysina T	41	%			0.7275	
Materia seca	42	%			36.8903	
Met + Cys T	43	%			0.6447	
Met + Cys SID	44	%	0.58		0.58	0.1809
Methionina SID	45	%	0.32		0.3703	
Methionina T	46	%			0.3917	
P Dig BRASIL		%			0.3128	
P Dig cvb	47	%			0.2921	
P Dig FEDNA	48	%			0.2916	
P disponible	49	%	0.32		0.32	0.2656
P fitico	50	%			0.2239	
P total	51	%			0.5615	
PNA	53	%			16.4763	
Potasio	54	%			0.6289	
Prolina SID		%			0.4464	
Prolina T	55	%			0.9873	

Proteina cruda	56	%	14.2		14.3666	
Serina SID		%			0.188	
Serine T	57	%			0.7355	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	-0.0234
Threonina SID	59	%	0.45		0.478	
Threonina T	60	%			0.5482	
Tryptophano SID	61	%	0.14		0.1545	
Tryptophano T	62	%			0.1721	
Tyrosine T	63	%			0.5013	
Valina SID	64	%	0.56		0.5755	
Valina T	65	%			0.6755	

Formula de la dieta reducida en Ca (T-2)

T-2 Ca bajo LOHMANN

Plant: GALLINAS

Batch Size(USD/kg): 100.0000

Cost in USD/kg: 1.8782

Batch Cost(in USD): 187.8211

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			54.293	54.293	100.9849	
SP DE TRIGO, 15.1	1.15			21	21	24.15	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			14.4115	14.4115	36.8934	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25			3.9	3.9	0.975	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.1153	2.1153	0.5288	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46			1.4127	1.4127	3.4752	
ACEITE DE SOYA	4.5			1	1	4.5	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			0.8007	0.8007	5.2446	
SAL COMUN	0.515			0.2848	0.2848	0.1467	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.96	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1561	0.1561	1.1238	
METIONINA	19.8			0.1559	0.1559	3.0864	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.12	3	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.1	1.9	
LISINA	17			0.0501	0.0501	0.8524	

100.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	1.08		2.1482	
Alanina SID		%			0.266	
Alanina T	2	%			0.8047	
Almidon	3	%			41.6518	
Arginina SID	4	%	0.67		0.8748	
Arginina T	5	%			0.9471	
ASP SID		%			0.1086	
Asp T	6	%			0.7431	
BED	7	mEq/Kg			178.3734	

Calcio	8	%	2.5	2.5	2.5	-0.0314
Ceniza	9	%			2.664	
Cloro	10	%			0.2739	
Colina	11	mg/kg	1850		1850	
Cystina SID	12	%			0.2161	
Cystina T	13	%			0.2636	
EM pollitas	18	kcal/kg			2697.5376	
EM pollos		kcal/kg			2697.5376	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2750	2750	2750	0.0001
EN pollos		kcal/kg			2163.4692	
ENeta postura		kcal/kg			2215.3887	
Extracto etereo	24	%			4.3952	
FDA	25	%			5.7334	
FDN	26	%			18.0138	
Fenylalanina SID	27	%			0.6193	
Fenylalanina T	28	%			0.698	
Fibra cruda	29	%			3.5355	
Gli SID		%			0.1303	
GLU SID		%			0.4778	
Glu T	30	%			1.5202	
Gly + Ser T	31	%			1.4033	
Glycina T	32	%			0.6576	
Histidina SID	33	%			0.3515	
Histidina T	34	%			0.4051	
Isoleucina SID	35	%	0.51		0.51	0.055
Isoleucina T	36	%			0.5803	
Leucina SID	38	%			1.149	
Leucina T	39	%			1.2668	
Lysina SID	40	%	0.64		0.64	0.1948
Lysina T	41	%			0.7364	
Materia seca	42	%			40.7898	
Met + Cys T	43	%			0.653	
Met + Cys SID	44	%	0.58		0.58	0.1809
Methionina SID	45	%	0.32		0.3622	
Methionina T	46	%			0.388	
P Dig BRASIL		%			0.3177	
P Dig cvb	47	%			0.2835	
P Dig FEDNA	48	%			0.2763	
P disponible	49	%	0.32		0.32	0.2656
P fitico	50	%			0.2521	
P total	51	%			0.5884	
PNA	53	%			20.1936	
Potasio	54	%			0.6928	
Prolina SID		%			0.4126	
Prolina T	55	%			1.013	
Proteina cruda	56	%	14.2		14.8041	

Serina SID		%			0.1737	
Serine T	57	%			0.7458	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	-0.0234
Threonina SID	59	%	0.45		0.4794	
Threonina T	60	%			0.558	
Tryptophano SID	61	%	0.14		0.1599	
Tryptophano T	62	%			0.1811	
Tyrosine T	63	%			0.5072	
Valina SID	64	%	0.56		0.5824	
Valina T	65	%			0.6946	

8.2 Resultados de análisis estadísticos

CALIDAD DE CASCARA DE HUEVO:

➤ COLOR DE CASCARA DE HUEVO:

Obs	TRATAMIENTO	PORCASCARA
1	Dietates	9.8009
2	Dietates	9.0636
3	Dietates	10.7618
4	Dietates	10.3466
5	Dietates	8.4257
6	Dieta2%C	9.2388
7	Dieta2%C	9.7859
8	Dieta2%C	10.3005
9	Dieta2%C	9.8717
10	Dieta2%C	9.0741

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PORCASCARA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00163162	0.00163162	0.00	0.9587
Error	8	4.57382681	0.57172835		
Total corregido	9	4.57545843			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PORCASCARA
0.000357	7.821782	0.756127	9.666943

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00163162	0.00163162	0.00	0.9587

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00163162	0.00163162	0.00	0.9587

➤ GROSOR DE CASCARA DE HUEVO:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	0.43333
2	Dietates	0.36889
3	Dietates	0.41333
4	Dietates	0.37222
5	Dietates	0.34111
6	Dieta2%C	0.40444
7	Dieta2%C	0.42889
8	Dieta2%C	0.42889
9	Dieta2%C	0.42866
10	Dieta2%C	0.37111

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00177160	0.00177160	1.76	0.2215
Error	8	0.00806106	0.00100763		
Total corregido	9	0.00983266			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.180175	7.953943	0.031743	0.399088

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00177160	0.00177160	1.76	0.2215

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00177160	0.00177160	1.76	0.2215

➤ PESO DE CASCARA DE HUEVO:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	6.39020
2	Dietates	6.09980
3	Dietates	7.12430
4	Dietates	6.68390
5	Dietates	5.51040
6	Dieta2%C	6.45790
7	Dieta2%C	6.98710
8	Dieta2%C	6.76740
9	Dieta2%C	6.98735
10	Dieta2%C	5.36280

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.05684406	0.05684406	0.14	0.7209
Error	8	3.31998009	0.41499751		
Total corregido	9	3.37682415			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.016834	10.00764	0.644203	6.437115

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.05684406	0.05684406	0.14	0.7209

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.05684406	0.05684406	0.14	0.7209

➤ **PORCENTAJE DE CASCARA DE HUEVO**

Obs	TRATAMIENTO	PORCASCARA
1	Dietates	9.8009
2	Dietates	9.0636
3	Dietates	10.7618
4	Dietates	10.3466
5	Dietates	8.4257
6	Dieta2%C	9.2388
7	Dieta2%C	9.7859
8	Dieta2%C	10.3005
9	Dieta2%C	9.8717
10	Dieta2%C	9.0741

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PORCASCARA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00163162	0.00163162	0.00	0.9587
Error	8	4.57382681	0.57172835		
Total corregido	9	4.57545843			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PORCASCARA
0.000357	7.821782	0.756127	9.666943

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00163162	0.00163162	0.00	0.9587

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00163162	0.00163162	0.00	0.9587

➤ **CENIZA DE LA CASCARA DE HUEVO:**

Obs	TRATAMIENTO	CENIZA
1	Dietates	95.876
2	Dietates	94.245
3	Dietates	95.245
4	Dietates	94.432
5	Dietates	95.432
6	Dieta2%C	95.625
7	Dieta2%C	95.175
8	Dieta2%C	94.984
9	Dieta2%C	95.376
10	Dieta2%C	94.987

Procedimiento GLM

Variable dependiente: CENIZA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.08408890	0.08408890	0.31	0.5951
Error	8	2.19602320	0.27450290		
Total corregido	9	2.28011210			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de CENIZA
0.036879	0.550707	0.523930	95.13770

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.08408890	0.08408890	0.31	0.5951

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.08408890	0.08408890	0.31	0.5951

➤ GRAVEDAD ESPECIFICA:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	1.08536
2	Dietates	1.08124
3	Dietates	1.09077
4	Dietates	1.08842
5	Dietates	1.07770
6	Dieta2%C	1.08221
7	Dieta2%C	1.08527
8	Dieta2%C	1.08816
9	Dieta2%C	1.09073
10	Dieta2%C	1.08130

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00000175	0.00000175	0.08	0.7843
Error	8	0.00017507	0.00002188		
Total corregido	9	0.00017682			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.009915	0.431105	0.004678	1.085115

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	1.753127E-6	1.753127E-6	0.08	0.7843

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	1.753127E-6	1.753127E-6	0.08	0.7843

➤ **INDICE DE LA CASCARA:**

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	8.41716
2	Dietates	7.86654
3	Dietates	9.28932
4	Dietates	8.85848
5	Dietates	7.24347
6	Dieta2%C	8.12043
7	Dieta2%C	8.66232
8	Dieta2%C	8.86870
9	Dieta2%C	9.22544
10	Dieta2%C	7.54218

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.05536957	0.05536957	0.10	0.7578
Error	8	4.35112712	0.54389089		
Total corregido	9	4.40649669			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.012565	8.769819	0.737490	8.409405

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.05536957	0.05536957	0.10	0.7578

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.05536957	0.05536957	0.10	0.7578

➤ RESISTENCIA A LA ROTURA DE LA CASCARA DE HUEVO:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	2.92333
2	Dietates	3.00333
3	Dietates	3.94500
4	Dietates	3.05333
5	Dietates	2.69000
6	Dieta2%C	3.39000
7	Dieta2%C	2.42500
8	Dieta2%C	5.08333
9	Dieta2%C	3.64000
10	Dieta2%C	2.75000

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.28000444	0.28000444	0.43	0.5289
Error	8	5.17002222	0.64625278		
Total corregido	9	5.45002667			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.051377	24.43213	0.803898	3.290333

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.28000444	0.28000444	0.43	0.5289

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.28000444	0.28000444	0.43	0.5289

CALIDAD INTERNA DE HUEVO

➤ UNIDAD HAUGH:

Obs	TRATAMIENTO	UH
1	Dietates	93.1213
2	Dietates	93.2022
3	Dietates	97.3135
4	Dietates	88.9997
5	Dietates	97.9800
6	Dieta2%C	94.7293
7	Dieta2%C	97.6010
8	Dieta2%C	94.8052
9	Dieta2%C	93.8511
10	Dieta2%C	92.9766

Procedimiento GLM

Variable dependiente: UH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	1.11991475	1.11991475	0.14	0.7206
Error	8	65.23075361	8.15384420		
Total corregido	9	66.35066836			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de UH
0.016879	3.023031	2.855494	94.45798

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	1.11991475	1.11991475	0.14	0.7206

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	1.11991475	1.11991475	0.14	0.7206

➤ PESO DE YEMA:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	16.0062
2	Dietates	16.7608
3	Dietates	16.0006
4	Dietates	16.5092
5	Dietates	16.4505
6	Dieta2%C	17.4800
7	Dieta2%C	16.3048
8	Dieta2%C	16.4533
9	Dieta2%C	15.4506
10	Dieta2%C	14.9595

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.11646187	0.11646187	0.22	0.6515
Error	8	4.23358749	0.52919844		
Total corregido	9	4.35004936			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.026773	4.480115	0.727460	16.23754

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.11646187	0.11646187	0.22	0.6515

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.11646187	0.11646187	0.22	0.6515

➤ **PORCENTAJE DE YEMA:**

Obs	TRATAMIENTO	PORYEMA
1	Dietates	25.4955
2	Dietates	26.1153
3	Dietates	24.7293
4	Dietates	24.6337
5	Dietates	25.8574
6	Dieta2%C	25.4653
7	Dieta2%C	25.6246
8	Dieta2%C	25.2487
9	Dieta2%C	25.6418
10	Dieta2%C	24.9534

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PORYEMA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00105205	0.00105205	0.00	0.9510
Error	8	2.09606714	0.26200839		
Total corregido	9	2.09711919			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PORYEMA
0.000502	2.017092	0.511868	25.37651

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00105205	0.00105205	0.00	0.9510

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00105205	0.00105205	0.00	0.9510

➤ **INDICE DE YEMA:**

Obs	TRATAMIENTO	IY
1	Dietates	0.41348
2	Dietates	0.41442
3	Dietates	0.44050
4	Dietates	0.40762
5	Dietates	0.43392
6	Dieta2%C	0.43596
7	Dieta2%C	0.42650
8	Dieta2%C	0.50594
9	Dieta2%C	0.42357
10	Dieta2%C	0.46464

Procedimiento GLM

Variable dependiente: IY

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00215163	0.00215163	3.07	0.1178
Error	8	0.00560413	0.00070052		
Total corregido	9	0.00775576			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de IY
0.277424	6.061367	0.026467	0.436655

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00215163	0.00215163	3.07	0.1178

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00215163	0.00215163	3.07	0.1178

➤ **COLOR DE YEMA:**

Obs	TRATAMIENTO	COLORYEMA
1	Dietates	5.66667
2	Dietates	6.00000
3	Dietates	5.66667
4	Dietates	6.33333
5	Dietates	6.66667
6	Dieta2%C	6.66667
7	Dieta2%C	6.33333
8	Dieta2%C	6.66667
9	Dieta2%C	6.66667
10	Dieta2%C	7.00000

Procedimiento GLM

Variable dependiente: COLORYEMA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.90000000	0.90000000	7.36	0.0265
Error	8	0.97777778	0.12222222		
Total corregido	9	1.87777778			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de COLORYEMA
0.479290	5.491146	0.349603	6.366667

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.90000000	0.90000000	7.36	0.0265

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.90000000	0.90000000	7.36	0.0265

RESPUESTA PRODUCTIVA:

➤ **CONSUMO DE ALIMENTO:**

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	115.714
2	Dietates	125.357
3	Dietates	128.571
4	Dietates	128.000
5	Dietates	120.500
6	Dieta2%C	120.071
7	Dieta2%C	123.571
8	Dieta2%C	113.357
9	Dieta2%C	109.857
10	Dieta2%C	121.286

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	89.9999994	89.9999994	2.85	0.1296
Error	8	252.2530614	31.5316327		
Total corregido	9	342.2530608			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.262963	4.655036	5.615303	120.6286

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	89.99999940	89.99999940	2.85	0.1296

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	89.99999940	89.99999940	2.85	0.1296

➤ **CONVERSION:**

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	1.89886
2	Dietates	2.51142
3	Dietates	1.95745
4	Dietates	1.87524
5	Dietates	1.97797
6	Dieta2%C	1.96123
7	Dieta2%C	2.00746
8	Dieta2%C	2.37724
9	Dieta2%C	1.78885
10	Dieta2%C	1.98434

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00103690	0.00103690	0.02	0.8971
Error	8	0.46573399	0.05821675		
Total corregido	9	0.46677088			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.002221	11.86238	0.241281	2.034006

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00103690	0.00103690	0.02	0.8971

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00103690	0.00103690	0.02	0.8971

➤ EFICIENCIA ENERGETICA:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	5.22188
2	Dietates	6.90640
3	Dietates	5.38300
4	Dietates	5.15690
5	Dietates	5.43941
6	Dieta2%C	5.39337
7	Dieta2%C	5.52052
8	Dieta2%C	6.53740
9	Dieta2%C	4.91933
10	Dieta2%C	5.45694

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.00784153	0.00784153	0.02	0.8971
Error	8	3.52211329	0.44026416		
Total corregido	9	3.52995482			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.002221	11.86238	0.663524	5.593516

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00784153	0.00784153	0.02	0.8971

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.00784153	0.00784153	0.02	0.8971

➤ PRODUCCION DE HUEVOS:

Obs	TRATAMIENTO	PH
1	Dietates	92.8571
2	Dietates	72.8571
3	Dietates	95.7143
4	Dietates	96.4286
5	Dietates	95.7143
6	Dieta2%C	92.8571
7	Dieta2%C	95.0000
8	Dieta2%C	75.7143
9	Dieta2%C	94.2857
10	Dieta2%C	98.5714

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	0.8163265	0.8163265	0.01	0.9268
Error	8	726.9387755	90.8673469		
Total corregido	9	727.7551020			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PH
0.001122	10.47521	9.532437	91.00000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.81632653	0.81632653	0.01	0.9268

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0.81632653	0.81632653	0.01	0.9268

➤ PESO DE HUEVOS:

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	65.6263
2	Dietates	68.5106
3	Dietates	68.6240
4	Dietates	70.7861
5	Dietates	63.6489
6	Dieta2%C	65.9321
7	Dieta2%C	64.7958
8	Dieta2%C	62.9794
9	Dieta2%C	65.1343
10	Dieta2%C	62.0071

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	26.72305124	26.72305124	5.10	0.0539
Error	8	41.92809780	5.24101223		
Total corregido	9	68.65114904			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.389259	3.478982	2.289326	65.80446

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	26.72305124	26.72305124	5.10	0.0539

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	26.72305124	26.72305124	5.10	0.0539

➤ **MASA DE HUEVOS:**

Obs	TRATAMIENTO	RESPUESTA
1	Dietates	60.9387
2	Dietates	49.9149
3	Dietates	65.6830
4	Dietates	68.2580
5	Dietates	60.9211
6	Dieta2%C	61.2226
7	Dieta2%C	61.5560
8	Dieta2%C	47.6844
9	Dieta2%C	61.4123
10	Dieta2%C	61.1213

Independent Group t-Test Example

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	1	16.1771522	16.1771522	0.37	0.5580
Error	8	346.4281046	43.3035131		
Total corregido	9	362.6052568			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de RESPUESTA
0.044614	10.99116	6.580540	59.87124

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	16.17715225	16.17715225	0.37	0.5580

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRATAMIENTO	1	16.17715225	16.17715225	0.37	0.5580

8.3 Fotos del proceso del experimento







