



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/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 diferentes niveles de almidón en la dieta sobre la respuesta productiva y calidad de huevo de gallinas de postura

presentado por:

ALEXANDRA VALENCIA QUISPE

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 12% 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, 07 de setiembre del 2023

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

1. Valencia Quispe Alexandra - Tesis para obtener titulo - 2023

Por Alexandra Valencia Quispe

CANTIDAD DE PALABRA: 10360

FECHA DE ENTREGA:

07-SEPT-2023 09:09A. M.

NUMERO:

102566000

IDENTIFICACION DEL
TRABAJO:

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE ALMIDÓN EN LA
DIETA SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y CALIDAD DE
HUEVO DE GALLINAS DE POSTURA”**

Línea de investigación de la Universidad:

SALUD PÚBLICA Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

AUTOR

ALEXANDRA VALENCIA QUISPE

ASESOR

ELÍAS SALVADOR TASAYCO, PhD.

ICA, Perú

2023

DEDICATORIA

Dedicado a la persona más importante de mi vida, mi madre Teresa Quispe Magallanes quien me ha apoyado a lo largo de esta carrera, por su paciencia y comprensión. A mi padre quien no cuestiona mis decisiones en cambio trata de apoyarme con lo que puede, esperando que sea mejor persona y profesional que ambos pudieran ser.

En memoria de mi abuela María “Chola” quien hubiera deseado que pudiera ver mis logros, como siempre quiso que llegara a ser profesional y recibir su más grande felicitaciones. Y no menos importante a Mí, quien a pesar de no considerarme una persona muy estudiosa he logrado recorrer este camino y seguir avanzando siempre obteniendo nuevos conocimientos porque nunca terminamos de aprender.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis amigas quienes fueron un apoyo en todos los años que estudiamos juntas principalmente a Malpica e Hilda, a mis padres por su reconocimiento en mis logros, mi padrastro en estos últimos años un apoyo más, mis hermanas que han sido como madres en mi desarrollo como persona me han enseñado y aconsejado en la vida, a mi familia quienes, aunque nunca hemos compartido mucho han mostrado buenos deseos a mi persona.

Agradezco a mi asesor de tesis Ing. Elías Salvador por ser guía en transcurso de completar este proyecto con el fin de cumplir mis metas propuestas, gracias por su paciencia y apoyo al desarrollar esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	TÍTULOS Y SUBTÍTULOS	Pág.
	DEDICATORIA	ii
	AGRADECIMIENTO	iii
	ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
	ÍNDICE DE TABLAS	vi
	ÍNDICE DE ANEXOS	vii
	ÍNDICE DE FOTOS	viii
	RESUMEN	ix
	ABSTRACT	x
I	INTRODUCCIÓN	1
II	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	6
	2.1 Nivel y tipo de investigación	6
	2.2 Lugar y fecha de ejecución del experimento	6
	2.3 Localización geográfica y meteorológica	6
	2.4 Materiales y equipo	6
	2.5 Etapa previa al experimento	7
	2.6 Alimentación y formulación de las dietas	7
	2.7 Programa sanitario y de manejo	8

2.8	VARIABLES DE EVALUACIÓN	8
2.9	DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.10	TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES	10
2.11	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	10
2.12	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	10
III	RESULTADOS	12
IV	DISCUSIÓN	15
V	CONCLUSIONES	20
VI	RECOMENDACIONES	21
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
VIII	ANEXOS	26

INDICE DE TABLAS

N°		Pág.
01	Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre el consumo de alimento, conversión alimenticia y eficiencia energética de gallinas de postura	12
02	Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre la producción de huevo, peso de huevo y masa de huevo de gallinas de postura	12
03	Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre unidad Haugh, peso de yema y porcentaje de yema de huevo de gallinas de postura.	13
04	Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre el índice de yema y color de yema de gallinas de postura	13
05	Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre el costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y retribución económica de gallinas de postura	14

INDICE DE ANEXOS

N°		Pág.
01	Fórmulas de las dietas utilizadas	26
02	Resultado de análisis estadístico	34
03	Fotos del desarrollo del experimento	56

INDICE DE FOTOS

Foto N° 1: Gallina de postura de Dekalb brown	56
Foto N° 2: Equipo DET 6500 (Japón)	56
Foto N° 3: Preparación de alimentos	57
Foto N° 4: Almacenamiento de las dietas	57
Foto N° 5: Evaluación de peso de yema	58

RESUMEN

“Evaluación de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre la respuesta productiva y calidad de huevo de gallinas de postura”

INTRODUCCIÓN: las gallinas de postura reciben una dieta a base de maíz y soya. El almidón es la fuente principal de energía de la dieta de gallinas de postura, sin embargo, es poco estudiada y se requiere evaluar para generar información acerca del nivel que pueda mejorar la respuesta y también mejorar los costos de alimentación. **OBJETIVO:** Determinar el efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre la respuesta productiva, calidad de huevo y costo de alimentación de gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown. **MÉTODOS:** Se utilizaron 60 gallinas de postura de la línea DEKALB Brown de 28 semanas de edad. Se establecieron 3 tratamientos: dieta con 37.50 % (T-1), dieta con 39.50 % (T-2) y dieta con 41.50 % (T-3) de almidón. Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente bajo un diseño de bloques completamente al azar. Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales. Se evaluaron las variables de producción de huevos, consumo de alimento, conversión alimenticia, eficiencia energética, así como calidad de huevo como unidad Haugh, índice de yema, peso de yema, porcentaje de yema, color de yema, y costo de alimentación. **RESULTADOS:** los tres niveles de almidón en la dieta no tuvieron efecto significativo sobre las características de respuesta productiva y calidad de huevo evaluados. El color de la yema fue más alto para las dietas con mayor nivel de almidón como consecuencia de mayor inclusión de maíz. El costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y la retribución económica fue mejor para la dieta con el menor nivel de almidón. **CONCLUSIÓN:** las gallinas de postura se adaptan a los niveles de almidón evaluados sin alterar los indicadores de respuesta productiva y las características de calidad de huevo. A mayor nivel de almidón mejora el color de yema. La dieta con el menor nivel de almidón mejora el costo de alimentación y margen económico en la producción de huevos.

Palabras claves: dieta, almidón, huevo, producción gallinas

ABSTRACT

"Evaluation of different levels of starch in the diet on the productive response and egg quality of laying hens"

INTRODUCTION: laying hens receive a diet based on corn and soybeans. Starch is the main source of energy in the diet of laying hens; however, it is little studied, and evaluation is required to generate information about the level that can improve the response and also improve feed costs.

OBJECTIVE: To determine the effect of different levels of starch in the diet on the productive response, egg quality and feed cost of laying hens of the DEKALB Brown genetic line.

METHODS: 60 laying hens of the DEKALB Brown line of 28 weeks of age were used. 3 treatments were established: diet with 37.50% (T-1), diet with 39.50% (T-2) and diet with 41.50% (T-3) of starch. The treatments were randomly distributed under a completely randomized block design. Each of the treatments had 5 repetitions, giving a total of 15 experimental units. The variables of egg production, feed consumption, feed conversion, energy efficiency, as well as egg quality as Haugh unit, yolk index, yolk weight, yolk percentage, yolk color, and feed cost were evaluated. **RESULTS:** the three levels of starch in the diet had no significant effect on the characteristics of productive response and egg quality evaluated. Yolk color was higher for diets with higher starch levels because of higher maize inclusion. Feed cost, feed cost margin and economic return were better for the diet with the lowest starch level. **CONCLUSION:** laying hens adapt to the starch levels evaluated without altering the indicators of productive response and the characteristics of egg quality. The higher the starch level, the yolk color improves. The diet with the lowest level of starch improves feed cost and economic margin in egg production.

Keywords: diet, starch, egg, laying hens, productio

I. INTRODUCCION

La industria avícola dedicada a la producción de huevos tanto a nivel local, nacional e internacional ha venido siendo muy afectada en sus costos de alimentación para la producción de huevos debido al incremento de los principales ingredientes que se utilizan tradicionalmente en las dietas balanceadas, como es el maíz, torta de soya y aceites. Ante este desafío, se ha venido introduciendo ingredientes no convencionales en las fórmulas, por su menor precio para reducir el costo del alimento, lo que ha reducido el contenido de almidón de las dietas, trayendo como consecuencia, en la mayoría de los casos, las eficiencias técnicas (alimenticia y energética) y económicas han sido perjudicadas y conllevando a aumentar el costo de producción.

Por otro lado, en vista que las fuentes de proteínas son caras, muchas veces se reduce el nivel de proteína de la dieta para reducir costo, sin embargo, esta estrategia afecta la relación almidón y proteínas que podría afectar las eficiencias y calidad de huevo.

Dado que el nivel adecuado de inclusión de maíz y aceite en las fórmulas alimenticias debe obedecer a mantener una distribución calórica de la dieta que sea aceptable para mantener las eficiencias, pero no se tiene datos e información acerca del nivel mínimo de almidón en la dieta de gallinas de postura que mantenga la respuesta productiva y calidad de huevo ante cambios o introducción de ingredientes no convencionales. Este nivel de almidón en la dieta está relacionado con los niveles de inclusión del maíz y aceite en la dieta.

El almidón es la principal fuente de suministro de energía en las dietas de los pollos de engorde, pero cuando los precios son favorables, puede ser preferible reemplazar el almidón con grasa en la dieta. Debido al aumento de los precios de los granos de cereales, el uso de alimentos no convencionales que reemplazan los granos está aumentando, y por lo tanto se agrega más grasa para aumentar el contenido de energía dietética. Se ha investigado el efecto de variar las proporciones de almidón a grasa en la dieta sobre el rendimiento de los pollos de engorde alimentados con dietas isocalóricas e isonitrogenadas y se han obtenido resultados inconsistentes (1), lo que implica que frecuentemente no se toma en cuenta el nivel de almidón y su relación a lípidos de la dieta, lo que podría afectar el rendimiento.

Las reducciones en los niveles de proteína cruda en la dieta se logran casi invariablemente aumentando las inclusiones de granos forrajeros a expensas de la harina de soya con adiciones de aminoácidos libres esenciales, e incluso no esenciales (2). Este enfoque aumenta automáticamente las proporciones de almidón: proteína en la dieta y, en consecuencia, afecta la dinámica digestiva almidón-proteína en pollos de engorde (3, 4).

Se ha demostrado que las proporciones de almidón a lípidos influyen en el rendimiento del crecimiento (5).

Un bajo nivel de almidón en la dieta como consecuencia de ingredientes de baja digestibilidad ocasionaría que muchos nutrientes sean indisponibles a nivel intestinal. Una mayor cantidad de nutrientes no digeridos en el tracto digestivo puede estimular el crecimiento microbiano no deseado que pudiera inducir trastornos entéricos (6).

Lo mismo podría ocurrir con niveles altos de almidón. Engberg et al. (7) encontraron una tendencia a un aumento en el número cecal e ileal de *Clostridium perfringens* debido a la presencia de más almidón y otros nutrientes fermentables en el intestino delgado de pollos de engorde alimentados con una dieta de trigo peletizado.

Muchos estudios en la literatura se centraron en el efecto de la concentración de proteínas en la dieta y se prestó menos atención al efecto de las concentraciones de grasas y carbohidratos en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento y la deposición de proteínas y grasas en el cuerpo (8).

En un estudio reciente, el nivel de proteína cruda se redujo de 200 a 156 g/kg en dietas a base de maíz que se ofrecieron a pollos de engorde machos de 14 a 35 días después de la eclosión (9). Esto se logró aumentando las inclusiones de maíz de 560 a 718 g/kg, disminuyendo la harina de soya de 329 a 171 g/kg y aumentando las adiciones de aminoácidos libres de 6,0 a 24,9 g/kg. En consecuencia, las proporciones de almidón:proteína de la dieta analizadas aumentaron de 1,55 a 2,57. Esta transición comprometió significativamente el FCR en un 8,96 % (1,629 frente a 1,495), aumentó el peso relativo de la almohadilla de grasa abdominal en un 70,8 % (12,40 frente a 7,26 g/kg) y amplió las tasas de desaparición de almidón y proteína yeyunal de 2,08 a 3,17. Sin embargo, hubo relaciones cuadráticas entre las tasas de desaparición tanto con FCR ($r = 0.838$; $P < 0.001$) como con los pesos relativos de la almohadilla grasa ($r = 0.786$; $P < 0.001$) donde ambos parámetros aumentaron con la expansión de las tasas de desaparición (2).

Zelenka and Ceresnakova (10) llevaron a cabo un estudio donde examinaron la digestibilidad del almidón en gallos de crecimiento lento del tipo postura (SG) y en pollos machos de crecimiento rápido (FG) del tipo broiler, la alimentados fue *ad libitum* con una dieta tipo maíz hasta el día 22 de edad en períodos de un día y desde el día 22 al día 100 en periodos de tres días. La digestibilidad se estimó utilizando el método del indicador de óxido crómico. En los pollitos SG, la digestibilidad del almidón aumentó rápidamente en los primeros días de vida y alcanzó el valor de 0,986 ya en el día 4 de vida. Se mantuvo en este nivel hasta el final del experimento, que finalizó a la edad de 100 días. En los pollitos FG, que en comparación con las aves SG consumieron más del doble de la cantidad de alimento, se observó una alta digestibilidad del almidón hasta el día 8. Desde el día 8 hasta el día 100 de edad, la digestibilidad del almidón fue leve, pero disminuyó muy significativamente ($P < 0,01$). El valor promedio de digestibilidad fue menor en 0.008 en pollos tipo broiler que en pollos SG en este momento; sin embargo, la

digestibilidad nunca estuvo por debajo de 0,96. La diferencia fue altamente significativa ($P < 0,001$).

Itani et al. (1) evaluaron la hipótesis que una dieta con una proporción alta de almidón a grasa (HS) perjudica la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento del crecimiento, en comparación con una dieta con una proporción baja de almidón a grasa (LS) en pollos de engorde desafiados con *Eimeria*. Del día 10 al 29, 12 corrales replicados de aves recibieron dietas isocalóricas e isonitrogenadas granuladas con vapor con HS o LS, reemplazando el almidón de trigo en una dieta por una mezcla de aceite de colza y arena inerte en la otra. El día 17, una dosis de 10 veces de cepas vacunales vivas de *Eimeria spp.* se administró a través del agua de bebida. Se recogieron muestras de íleon los días 16 y 29. El contenido de almidón en el íleon tendió a ser mayor en el día 16 y fue significativamente mayor en el día 29 en el grupo HS. La dieta HS no indujo niveles excesivamente altos de almidón en el íleon, lo que sugiere que no hubo una sobrecarga de almidón en el intestino. La digestibilidad ileal del almidón mejoró al aumentar el nivel de almidón en la dieta del 23 % al 45 %. Esto demostró la capacidad del pollo de engorde para digerir altos niveles de almidón independientemente de *Eimeria spp.* infección. La digestibilidad energética ileal no se vio afectada por los tratamientos. El aumento de peso no difirió entre los tratamientos; sin embargo, las aves alimentadas con la dieta LS fueron menos eficientes en la conversión alimenticia en comparación con las alimentadas con la dieta HS. El uso de almidón aislado y el mayor grado no intencionado de gelatinización del almidón en la dieta HS pueden haber contribuido a la mayor digestibilidad del almidón en las aves que recibieron la dieta HS. Por lo tanto, no se verificó la hipótesis de que las altas proporciones de almidón a grasa en las dietas granuladas pueden afectar la digestibilidad del almidón y el rendimiento de la producción en pollos de engorde desafiados con *Eimeria*. Los investigadores reportan que se requiere más trabajo para aclarar esta pregunta de investigación, teniendo en cuenta la forma física de la fuente de almidón y el papel potencialmente confuso del procesamiento de alimentos en la disponibilidad de almidón.

Svihus y Hetland (11) y Svihus et al. (12) llevaron a cabo estudios donde examinaron la asociación entre manipulaciones dietéticas (pellets versus harina y trigo molido versus trigo integral) y la concentración ileal de almidón indicaron que los tratamientos asociados con bajo (0,79–0,82) coeficientes de digestibilidad del almidón tenían concentraciones medias de almidón en el íleon que oscilaban entre 222 y 250 g/kg de materia seca ileal, mientras que los tratamientos asociados con una alta digestibilidad del almidón (0,95) tenían concentraciones de almidón que oscilaban entre 88 y 101 g/kg. Estos experimentos se realizaron con niveles de almidón en la dieta que oscilaban entre el 42 % y el 52 %.

Las fuentes de almidón comúnmente utilizadas en las dietas avícolas, como el trigo y el maíz, tienen coeficientes de digestibilidad ileal entre el 94 y el 99 %, mientras que otras, como la arveja y el frijol, alcanzan solo el 81 % de digestión (13).

A medida que el almidón desaparece a lo largo del intestino delgado, la fermentación microbiana en los ciegos debería cambiar hacia otros componentes de la digesta, como las proteínas, lo que reduciría el picoteo de las plumas y mejoraría la cobertura de plumas (14)

El almidón y los lípidos son las dos principales fuentes de energía en las dietas típicas de los pollos de engorde y en la literatura se ha obtenido poca información sobre la influencia del almidón y los lípidos en el rendimiento de las aves y la utilización de nutrientes. El almidón es el macronutriente más abundante en las dietas de los pollos de engorde y su función principal es proporcionar energía para el mantenimiento y el crecimiento, y las concentraciones crecientes de almidón en la dieta aumentarían las concentraciones de lípidos en la canal.

Los lípidos dietéticos para aves, incluida la grasa de aves y el aceite de origen vegetal, tienen una mayor densidad energética, pero son más caros que el almidón. Su concentración también es crítica para la calidad del pellet y el consumo de alimento (5).

Una gran proporción de los aminoácidos que se absorben a lo largo del intestino delgado no logran ingresar a la circulación portal y quedan disponibles para la acumulación de proteínas debido a su amplia utilización en la mucosa intestinal a través de vías anabólicas y catabólicas (15).

Un mecanismo potencial para reducir el catabolismo de aminoácidos por las células de la mucosa es proporcionar una fuente alternativa de energía (5).

Hay indicios en las aves de corral de que el almidón de digestión lenta evita el catabolismo de los aminoácidos (16)

Definir un nivel de almidón mínimo en la dieta contribuirá con el manejo de las eficiencias alimenticias y energética que es la base para el manejo del costo de alimentación por kg de masa de huevo producido.

En cuanto al impacto en la sociedad o público consumidor, dado que esta línea de estudio está relacionada con la mejora del costo de alimentación del huevo, es importante para efectos de mantener buen costo y precio moderado que satisfaga las exigencias del consumidor.

En el aspecto científico también este estudio permitirá la generación de información y publicación de resultados a la literatura científica, porque hay poca información en este aspecto.

En base a lo mencionado se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar el efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre la respuesta productiva, calidad de huevo y costo de alimentación de gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

2.1 Nivel y tipo de investigación:

Investigación aplicada y experimental

2.2 Lugar y fecha de ejecución

Fecha de inicio: septiembre del 2022

Fecha de culminación: noviembre del 2022

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad de investigación, enseñanza 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.

2.3 Localización geográfica y meteorológica

La ciudad de Chincha 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 Chincha, FONAGRO (17).

2.4 Materiales y equipo

a. Jaulas

El material utilizado para cada casillero fue de malla metálica. Cada una de las unidades experimentales tiene un comedero y bebedero independiente para efectos de determinar el consumo del alimento.



b. Equipos y materiales

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

c. Aves

Se utilizaron gallinas de postura de la línea DEKALB Brown en la fase de pico de producción de 28 semanas de edad al inicio del estudio y 38 semanas de edad al final del estudio

Tamaño de muestra de gallinas utilizadas:

Se utilizaron 60 gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown. El cálculo de la muestra se realizó utilizando el software G*Power (18):

Dónde:

$Z\alpha$ = valor de Z correspondiente al riesgo α fijado = 0.05 (1.645);

$Z\beta$ = valor de Z correspondiente al riesgo β fijado = 0.20 (0.842);

S = desviación estándar (*) = ± 0.24 (índice de conversión alimenticia)

(*) = El valor referencial de desviación estándar de la variable índice de conversión alimenticia (g/g) se obtuvo de un estudio piloto previo en el galpón experimental (2022).

d = valor mínimo de la diferencia en el ICA que se desea detectar = 0.21

Proporción prevista de pérdidas de seguimiento = 20%

Tipo de contraste bilateral

Según el cálculo ejecutado y aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 15 gallinas en cada grupo para detectar una diferencia mínima de 0.21 entre dos grupos, asumiendo que existen 3 grupos y una desviación estándar de 0.24. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 20%.

Se aumentará a 20 gallinas por tratamiento. Considerando 3 grupos experimentales como tratamiento y 5 repeticiones por cada uno, se tienen 15 unidades experimentales en total, y 4 gallinas por unidad, lo que corresponde a 60 gallinas en total.

2.5 Etapa previa al experimento

El experimento se inicia con la distribución de las aves experimentales en cada una de las unidades, de acuerdo con el diseño experimental establecido. Estas aves son seleccionadas en la etapa previa en base a nivel de producción, características de calidad de huevo y peso vivo corporal.



2.6 Alimentación y formulación de las dietas

En el anexo se presentan las tres dietas utilizadas que están formuladas de acuerdo con cada tratamiento. Se toma como referencia las especificaciones nutricionales de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura DEKALB Brown.

Para la elaboración de las fórmulas de las dietas alimenticias se utilizó el Software de formulación Animal Feed Optimization Software (AFOS, 2022) (19) y el LP máxima rentabilidad (20).

La alimentación fue *ad libitum* de acuerdo con la evaluación previa (pre experimental) 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:

Variable independiente:

Niveles de almidón en la dieta. Se utilizaron 3 niveles de almidón: bajo, medio y alto.

Variables dependientes:

a. Consumo de alimento: se determinó como la diferencia del alimento ofrecido menos residuo que fue calculado diariamente en g/ave/día y g/ave/semana.

b. Índice de conversión alimenticia: se obtuvo del cálculo de la relación del consumo de alimento entre masa de huevo. Las unidades de medida son de g/g.

c. Eficiencia energética: se obtuvo del cálculo del consumo de energía metabolizable (consumo de alimento * nivel de EM de la dieta) entre masa de huevo. Se representa en Mcal de EM consumida por Kg de masa de huevo.

e. 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

f. Peso de huevo:

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

g. Masa de huevo:

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

Calidad interna de huevo

- Test de Unidad Haugh

Se determinó de acuerdo con la metodología de Eisen et al. (21), 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

Las características de calidad de huevo se realizaron con el equipo DET 6500 (Japón)

- Peso y porcentaje de yema:

Cada huevo codificado fue quebrado para verter su contenido en una superficie de vidrio plano y luego separar 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



h. Margen bruto y retribución 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 la venta de huevos menos el costo de alimentación por cada Kg de masa de huevo.

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

2.9 Diseño experimental de la investigación:

Las gallinas de postura y los tratamientos 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).

Modelo matemático

Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

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

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

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

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

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

2.10 Tratamientos experimentales

T-1: Dieta con nivel bajo de almidón (37.50%)

T-2: Dieta con nivel medio de almidón (39.50%)

T-3: Dieta con nivel alto de almidón (41.50%)

2.11 Técnicas e instrumentos de 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 registro 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: consiste en registrar todos los datos que corresponde a las variables dependientes en estudio como es el consumo de alimento, peso vivo, longitud del metatarso, tamaño, mortalidad.

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, ganancia de peso y uniformidad.

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

2.12 Análisis estadístico

Los datos de las variables cuantitativas a evaluar fueron analizados como un diseño de bloques completamente aleatorizado con ANOVA unidireccional (one-way) utilizando el procedimiento GLM del software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2022, v. 9.4) (22). Las variables paramétricas fueron analizadas con un ANOVA para muestras independientes. Las variables no paramétricas fueron analizadas con la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.

Cada réplica se consideró como una unidad experimental para todos los análisis. Los análisis de Supuestos estadísticos, como la homocedasticidad y la normalidad (valores numéricos de la variable dependiente siguen una distribución o curva normal) y los valores atípicos se verificaron antes del análisis utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene de los procedimientos UNIVARIATE y GLM de SAS, respectivamente (23).

Se utilizó 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 (23).

Se realizaron análisis de comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey para evaluar la diferencia entre los grupos cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas (23).

La significación estadística y las tendencias se consideraron en $P \leq 0.05$ y $0.05 < P \leq 0.10$, respectivamente.

Estadística descriptiva (Estadígrafos de posición y dispersión, como media aritmética, media geométrica, y desviación estándar).

III. RESULTADOS

3.1 Respuesta productiva

Las características productivas de consumo de alimento, conversión alimenticia y eficiencia energética (Tabla 1) no fueron afectadas significativamente ($P>0.05$) por los tres niveles de almidón en la dieta.

Tabla 1. Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre el consumo de alimento, conversión alimenticia y eficiencia energética de gallinas de postura (\pm DE)

Nivel de almidón	Consumo alimento (g/gallina/día)	Conversión alimenticia (Kg/Kg)	Eficiencia energética (Mcal/Kg)
Almidón 37.5	123.72 \pm 4.83	1.94 \pm 0.03	5.44 \pm 0.09
Almidón 39.5	125.69 \pm 4.71	2.03 \pm 0.11	5.69 \pm 0.32
Almidón 41.5	127.50 \pm 4.35	2.01 \pm 0.14	5.64 \pm 0.40
Probabilidad			
P-value	0.2354	0.2853	0.2932

$P>0.05$ = valores promedios no significativo en cada columna (ANVA)

Las características productivas de producción de huevos, peso y masa de huevo (Tabla 2) no fueron afectadas significativamente ($P>0.05$) por los tres niveles de almidón en la dieta.

Tabla 2. Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre la producción de huevo, peso de huevo y masa de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Nivel de almidón	Producción huevo (%)	Peso huevo (g)	Masa huevo (g/gallina/día)
Almidón 37.5	98.28 \pm 0.68	64.26 \pm 2.07	63.92 \pm 2.08
Almidón 39.5	96.78 \pm 2.63	64.08 \pm 1.54	62.04 \pm 2.55
Almidón 41.5	97.50 \pm 1.71	64.99 \pm 2.35	63.44 \pm 2.87
Probabilidad			
P-value	0.5141 ¹	0.7691 ²	0.3200 ²

$P>0.05$ = valores promedios no significativo en cada columna (²ANVA; ¹Kruskal-Wallis)

3.2 Calidad de huevo

Las características de calidad de huevo referido a unidad Haugh, peso de yema y porcentaje de yema de huevo (Tabla 3) no fueron afectadas significativamente ($P>0.05$) por los tres niveles de almidón en la dieta.

Tabla 3. Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre unidad Haugh, peso de yema y porcentaje de yema de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Nivel de almidón	Unidad Haugh (u)	Peso yema (g)	Porcentaje yema (%)
Almidón 37.5	92.18 \pm 5.88	15.40 \pm 0.68	23.66 \pm 1.51
Almidón 39.5	86.45 \pm 3.96	15.95 \pm 0.24	24.44 \pm 1.23
Almidón 41.5	89.59 \pm 8.87	15.84 \pm 0.69	23.86 \pm 1.62
Probabilidad			
P-value	0.2982 ¹	0.2551 ²	0.5117 ¹

$P>0.05$ = valores promedios no significativo en cada columna (²ANVA; ¹Kruskal-Wallis)

La característica de calidad de huevo referido a índice de yema no fue afectada significativamente ($P>0.05$) por los tres niveles de almidón en la dieta. El color de yema fue mejorado significativamente ($P<0.05$) con los mayores niveles de almidón en la dieta, siendo los niveles con 39.5 y 41.5% de almidón lo que lograron la mayor pigmentación de la yema.

Tabla 4. Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre el índice de yema y color de yema de gallinas de postura (\pm DE)

Nivel de almidón	Índice yema (u)	Color yema (score)
Almidón 37.5	0.453 \pm 0.008	6.56 ^b \pm 0.32
Almidón 39.5	0.454 \pm 0.010	7.16 ^a \pm 0.16
Almidón 41.5	0.446 \pm 0.012	7.08 ^a \pm 0.26
Probabilidad		
P-value	0.6126 ¹	0.0145 ¹

$P>0.05$ = valores promedios no significativo en cada columna (¹Kruskal-Wallis)

3.3 Evaluación económica

La dieta con el menor nivel de almidón logró el menor costo de alimentación por kg de masa de huevo y máximo margen sobre costo de alimentación (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de diferentes niveles de almidón en la dieta sobre el costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y retribución económica de gallinas de postura (\pm DE)

Nivel de almidón	Costo alimentación (S/Kg masa huevo)	Margen económico (S/Kg)	Retribución económica (%)
Almidón 37.5	3.93089004	11.4939249	112.35
Almidón 39.5	4.15031384	10.231009	100.00
Almidón 41.5	4.18600015	10.3205079	100.87

Precio venta (S/Kg) huevo = S/ 6.50

IV. DISCUSION

De acuerdo con las condiciones del presente estudio no se observaron diferencias estadísticas en los valores de las variables evaluadas. A continuación, se discutirán algunos aspectos de interés que se deben considerar para la explicación de dichos resultados.

Previamente debemos hacer énfasis acerca de la importancia de la alimentación y el impacto de los nutrientes en la producción de huevos. El suministro de alimento para las gallinas ponedoras es el costo más importante de la producción de huevos y las dietas se formulan para cumplir con los requisitos de nutrientes de la gallina al menor costo. El ave moderna ha sido seleccionada por su alta productividad (24)

Si se quiere alcanzar el potencial genético del ave sin comprometer el bienestar, la alimentación y el alojamiento deben ser óptimos. Las dietas para gallinas ponedoras están formuladas para garantizar la máxima producción de huevos. En general, las recomendaciones nutricionales para gallinas ponedoras consideran la raza y las condiciones de alojamiento. Sin embargo, dado que la mayoría de las situaciones de cría son complejas, es posible que sea necesario realizar ajustes en la ingesta diaria recomendada de energía y nutrientes para cumplir con los objetivos de producción específicos. A medida que cambian las condiciones en el gallinero o en el campo, incluida la etapa de producción y la estación del año, la cantidad de cada nutriente requerida cambiará y, en algunos casos, se producirán desequilibrios en la dieta que afectarán la productividad y comprometerán el bienestar (25). En este aspecto cabe resaltar que tradicionalmente se han estudiado nutrientes como proteínas, aminoácidos, minerales, fibra y energía, pero es poco sobre el almidón en la dieta de gallinas de postura.

En primer lugar, es necesario hacer una descripción de las dietas utilizadas. Respecto a la principal fuente de almidón fue el maíz cuyo nivel en la dieta fue aumentando conforme aumentaba el nivel de almidón, desde 51.82, 57.14 y 62.48% para las tres dietas de bajo a alto nivel de almidón respectivamente. Este aumento de maíz generó una reducción del nivel de fibra cruda que disminuyó desde 2.91, 2.60 y 2.23 respectivamente como consecuencia de la menor inclusión del subproducto de trigo.

El almidón, que comprende hasta el 70-80% de la mayoría de los cereales, es la principal fuente de energía en las dietas de las aves. Aunque en general se cree que el almidón es bien digerido por las aves de corral, en algunos estudios se ha informado una baja digestibilidad del almidón en el tracto total y en el íleon. La estructura y composición de los gránulos de almidón, su interacción con la matriz proteica y su disponibilidad después del procesamiento del alimento juegan un papel importante en la digestión del almidón (26).

Conocer los factores que influyen en la variación de la digestión y aprovechamiento del almidón es de interés. Las variaciones en la digestión del almidón tienen una fuerte influencia en el valor energético de las dietas avícolas. A pesar de esto, la digestión del almidón no ha recibido mucha atención hasta hace poco debido a que la digestión del almidón rara vez es un problema en las aves alimentadas con dietas a base de maíz (26).

Hay evidencias que sugiere que el almidón no se digiere completamente en las aves y que existe una variación considerable entre las especies de cereales y los cultivares dentro de las especies. Por lo tanto, la consideración de los factores que podrían reducir la digestibilidad del almidón en el tracto total o en el íleon es de importancia crítica en las formulaciones prácticas de alimentos (26). Hay factores que contribuyen a la variabilidad en la digestibilidad del almidón. Existe una clara evidencia de que la digestión del almidón está altamente correlacionada con su ubicación estructural dentro de los alimentos y componentes asociados con los gránulos de almidón, factores anti nutricionales y la estructura de la pared celular. Los polisacáridos viscosos no amiláceos y las prácticas de tecnología de alimentación, como la granulación, la alimentación con cereales integrales, tamaño de las partículas del pienso y la inclusión de materiales fibrosos, también tienen una influencia significativa en la digestibilidad del almidón (26).

El almidón tiene diferentes velocidades en el proceso de digestión que depende de otros factores. Weurding et al. (27) y Enting et al. (28) encontraron que el efecto positivo de la alimentación con almidón de digestión lenta aumentaba cuando las dietas eran bajas en aminoácidos. Se sugirió que el uso de almidón con una tasa y un grado de digestión más bajos en las dietas de las aves, que tienen un índice glucémico más bajo, podría mejorar la sincronización entre la digestión del almidón y la proteína, mejorando así el rendimiento. Pero hay que tener en cuenta que bajo alimentación *ad libitum*, los nutrientes se digieren y absorben continuamente a lo largo del tracto digestivo de los pollos (29).

Los mecanismos potenciales adicionales incluyen el ahorro de la oxidación de aminoácidos en los enterocitos del intestino delgado distal por la presencia de almidón (27), y la fermentación del almidón que podría tener beneficios prebióticos, liberando ácidos grasos de cadena corta y mejorando la función de barrera (30), lo que podría servir para mejorar el balance de la microbiota intestinal.

Un aspecto interesante es acerca de la proporción entre almidón y proteína. Limitar los aumentos en las concentraciones de almidón y condensar las proporciones de almidón: proteína de la dieta en dietas con proteína cruda reducida puede resultar ventajoso, ya que la expansión de las proporciones parece estar alineada con un rendimiento inferior de los pollos de engorde (31).

Las concentraciones de harina de soya se reemplazan parcialmente por granos de cereal y se aumentan las inclusiones de aminoácidos seleccionados no unidos (sintéticos o cristalinos) para

cumplir con los requisitos en la formulación de dietas bajas en proteínas. Una consecuencia de estas manipulaciones dietéticas es que aumentan las proporciones de almidón: proteína de la dieta (32)

La expansión de las proporciones de la tasa de desaparición de almidón: proteína en las aves se asocia tanto con un aumento del peso relativo de la almohadilla de grasa abdominal como con índices de conversión de alimento comprometidos (33, 34).

En las formulaciones prácticas el manejo del nivel de almidón compromete la inclusión de maíz y soya. Dada nuestra realidad donde dependemos de estos dos principales ingredientes se requiere información para optimizar su nivel de inclusión y la respuesta productiva. Chrystal et al. (33) realizaron un estudio en pollos con dietas a base de maíz reducidas en proteína cruda (PC) de 200 a 156 g/kg e incremento de las inclusiones de maíz de 560 a 718 g/kg, disminuyendo la harina de soya de 329 a 171 g/kg y aumentar las inclusiones de aminoácidos no unidos de 6,0 a 24,9 g/kg. Como consecuencia, las proporciones de almidón: proteína en la dieta se expandieron de 1,55 a 2,57 y las proporciones de la tasa de desaparición de almidón: proteína yeyunal en aves se expandieron de 2,08 a 3,17. Esta transición comprometió significativamente el índice de conversión alimenticia en un 8,96 % (1,629 frente a 1,495) y aumentó el peso relativo de la almohadilla de grasa abdominal en un 70,8 % (12,40 frente a 7,26 g/kg). Además, hubo relaciones cuadráticas entre las tasas de desaparición con FCR ($r = 0,838$; $P < 0,001$) y pesos relativos de la almohadilla grasa ($r = 0,786$; $P < 0,001$) donde ambos parámetros aumentaron con la expansión de las tasas de desaparición.

Este efecto, si bien fue encontrado en pollos de engorde se da bajo la condición de una alta inclusión de maíz que fue hasta 71.8%, comparado a los resultados de nuestro estudio donde se incrementó el nivel de maíz solo fue hasta 62.48%, muy por debajo de lo utilizado en pollos como se mencionó y las relaciones almidón: proteína fue desde 2.28, 2.40 y 2.53 para los tres tratamientos respectivamente. Quizás esta diferencia de inclusión explicaría parcialmente del porque no se observaron efectos significativos en las variables evaluadas, sin embargo, se requiere de estudios complementarios utilizando mayores inclusiones de maíz para confirmar lo enunciado.

En especies aviarias, la capacidad de altas ingestas de almidón para desencadenar la lipogénesis hepática de *novo* podría verse como una manifestación de carbotoxicidad (32). Este punto es muy importante a tener en cuenta para el manejo de la salud hepática.

Por otro lado, la digestión del almidón está relacionado con la microbiota intestinal. En el estudio de Greenhalgh et al. (32) la transición de dietas de 195 g a 175 g/kg de proteína cruda redujo significativamente el consumo de alimento de 3391 a 3268 g/ave, lo que puede haber facilitado la proliferación microbiana a lo largo del intestino delgado. A nivel del intestino delgado la

microbiota está dominada por *Lactobacillii* que pueden asimilar del 3 % al 6 % de la proteína dietética (35; 36). Una ingesta reducida de proteína cruda en pollos de engorde aumentó la abundancia cecal de *Lactobacillaceae* y, presumiblemente, esto se aplicaría igualmente al intestino delgado (37).

El impacto de la microbiota intestinal en la digestibilidad aparente de los aminoácidos en las aves a las que se les ofrecen dietas bajas en proteína cruda puede estar pasando por alto. Idealmente, se requiere una mejor comprensión de los efectos de la reducción de la proteína en la dieta sobre los flujos de aminoácidos endógenos y la masa de aminoácidos microbianos y, a su vez, sus impactos sobre los coeficientes aparentes de digestibilidad ileal de aminoácidos (32).

La premisa fundamental de la dinámica digestiva del almidón y la proteína es que se pone a disposición un equilibrio ideal de glucosa y aminoácidos en los sitios de síntesis de proteína del músculo esquelético para promover un crecimiento eficiente. La dinámica digestiva implica la digestión de proteínas y almidón en la luz intestinal, absorción de glucosa y aminoácidos a lo largo del intestino delgado y su transición a través de la mucosa intestinal hacia la circulación portal (38).

Algunos estudios indican la posibilidad de dar almidón de lenta degradación que trae ventajas al ave. La utilización de almidón de digestión más lenta da como resultado una absorción gradual de glucosa que requiere menos regulación por parte de la insulina y puede coincidir más estrechamente con el requerimiento de energía fisiológica de un animal, lo que permite la utilización inmediata de glucosa para procesos como la deposición muscular en lugar del almacenamiento de energía (39)

Es importante destacar que la dinámica digestiva considera las tasas y los sitios de absorción de glucosa y aminoácidos a lo largo del intestino delgado, además de la extensión de la digestión determinada por los coeficientes de digestibilidad estática. Existe un interés considerable en el desarrollo de dietas bajas en proteínas y ricas en aminoácidos suplementarios, pero la dinámica digestiva de los aminoácidos suplementarios y ligados a proteínas es inherentemente diferente. Por lo tanto, la relevancia de la dinámica digestiva del almidón y las proteínas en las aves será cada vez más evidente si se pretende desarrollar con éxito dietas bajas en proteínas en el futuro (38).

Sobre las características de calidad de huevo, no fueron afectados por los niveles de almidón, sin embargo, el color de yema de huevo fue más alto conforme el nivel de almidón aumento, y esto se explica por el hecho que estas dietas tuvieron un mayor nivel de inclusión de maíz cuyos contenidos de xantofilas fue más alto y que contribuyeron a mejorar la pigmentación de la yema de huevo.

Finalmente, si bien las dietas no mostraron algún efecto significativo en la respuesta productiva, desde el punto de vista económico la dieta con el bajo nivel de almidón y mínimo nivel de inclusión de maíz fue la de más bajo costo de alimentación y mayor margen bruto sobre costo de alimentación por kg de masa de huevo producido.

V. CONCLUSIONES

- 5.1** La respuesta productiva no fue afectada por los tres niveles de almidón en la dieta
- 5.2** La calidad de huevo no fue afectada por los tres niveles de almidón en la dieta a excepción del color de yema que más alta para los niveles de 39.5 y 41.5% de almidón en la dieta.
- 5.3** El más bajo costo de alimentación, máximo margen sobre costo de alimentación por Kg de masa de huevo y retribución económica fue alcanzada con el nivel de 37.5% de almidón en la dieta.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1** Continuar con los estudios sobre contenido de almidón y relacionarlo al nivel de energía metabolizable de la dieta para optimizar nivel de utilización de ingredientes fuentes de almidón y energía.
- 6.2** Diseñar estudios sobre contenido de almidón de la dieta y relacionar con características de salud intestinal y hepática.
- 6.3** Diseñar estudios sobre contenido de almidón en la dieta donde se evalúen diferentes fuentes de almidón y relacionarlo a niveles de fibra en la dieta.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Itani K, Granstad S, Kaldhusdal M, Mydland LT, Svihus B. Varying starch to fat ratios in pelleted diets: I. Effects on nutrient digestibility and production performance in Eimeria–challenged broiler chickens, *British Poultry Science*. 2020; 61(6): 703-709, DOI:10.1080/00071668.2020.1782349
2. Greenhalgh S, McInerney BV, McQuade LR, Chrystal PV, Khoddami A, Zhuang MAM, Liu SY, Selle PH. Capping dietary starch: protein ratios in moderately reduced crude protein, wheat-based diets showed promise, but further reductions generated inferior growth performance in broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2020; 6(2); 168-178
3. Liu SY, Selle PH. Starch and protein digestive dynamics in low-protein diets supplemented with crystalline amino acids. *Anim Prod Sci*. 2017; 57:2250 - 6.
4. Selle PH, Liu SY. The relevance of starch and protein digestive dynamics in poultry. *J Appl Poultry Res*. 2019; 28:531- 45.
5. Khoddami A, Chrystal PV, Selle PH, Liu SY. Dietary starch to lipid ratios influence growth performance, nutrient utilisation and carcass traits in broiler chickens offered diets with different energy densities. *PloS One*. 2018; 13:1-17.
6. Choct M, Hughes R, Bedford M. “Effects of a Xylanase on Individual Bird Variation, Starch Digestion Throughout the Intestine, and Ileal and Caecal Volatile Fatty Acid Production in Chickens Fed Wheat.” *British Poultry Science*. 1999; 40 (3): 419–422. doi:10.1080/00071669987548
7. Engberg R, Hedemann MS, Steenfeldt S, Jensen BB. “Influence of Whole Wheat and Xylanase on Broiler Performance and Microbial Composition and Activity in the Digestive Tract.” *Poultry Science*. 2004; 83 (6): 925–938. doi:10.1093/ps/83.6.925
8. Veldkamp T, Schamp T, van Harn J, Dekker R, Sosef M, Jansman AJM. Effect of iso-energetic exchange of dietary fat and starch on growth performance and body composition of broilers. Experiment 1. Wageningen, Wageningen Livestock Research, Livestock Research Report 1061. Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, The Netherlands ForFarmers, Lochem, 2017 The Netherlands. 38 p.
9. Selle PH, Chrystal PV, Moss AF, Yin D, Khoddami A, Naranjo VD, Liu SY. The relevance of starch-protein digestive dynamics in crude protein-reduced broiler diets. *Proc Aust Poult Sci Symp*. 2019; 30:37-40.
10. Zelenka J, Čerešňáková Z. Effect of age on digestibility of starch in chickens with different growth rate. *Czech J. Anim. Sci.*, 50, 2005 (9): 411–415
11. Svihus B, Hetland H. “Ileal Starch Digestibility in Growing Broiler Chickens Fed on a Wheat-based Diet Is Improved by Mash Feeding, Dilution with Cellulose or Whole

- Wheat Inclusion.” *British Poultry Science*. 2001; 42 (5): 633–637. doi:10.1080/00071660120088461.
12. Svihus B, Sacranie A, Denstadli V, Choct M. “Nutrient Utilization and Functionality of the Anterior Digestive Tract Caused by Intermittent Feeding and Inclusion of Whole Wheat in Diets for Broiler Chickens.” *Poultry Science*. 2010; 89 (12): 2617–2625. doi:10.3382/ps.2010-00743
 13. Herwig E, Abbott D, Schwean-Lardner KV, Classen HL. Assessing the effect of rate and extent of starch digestion on laying hen performance. *Poultry Science*. 2019; 98:2940–2947. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez044>
 14. Meyer B, Zentek J, Harlander-Matauschek A. Differences in intestinal microbial metabolites in laying hens with high and low levels of repetitive feather-pecking behavior. *Physiol. Behav.* 2013; 110–111:96–101
 15. Stoll B, Henry J, Reeds PJ, Yu H, Jahoor F, Burrin DG. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. *J Nutr.* 1998;128(3):606–14
 16. Weurding RE, Veldman A, Veen WAG, van der Aar PJ, Verstegen MWA. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. *J Nutr.* 2001;131(9):2329–35.
 17. FONAGRO. Información meteorológica diaria de la estación. Chincha. SENAMHI. Dirección Regional de Ica. 24 p. 2019.
 18. G-POWER 3.1. Software statistic. 2022
 19. AFOS. Animal Feed Optimization Software. 2022
 20. 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.
 21. Eisen EJ, Bohren BB, y McKean HE. *Poultry Science*. 1962; 41: 1461 – 1468.
 22. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User’s Guide: Statistics. Version 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2022
 23. Salvador TE. Curso de Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. 2021.
 24. Underwood G, Andrews D, Phung T. Advances in genetic selection and breeder practice improve commercial layer hen welfare. *Animal Production Science*. 2021. doi:10.1071/AN20383
 25. BrydenWL, Li X, Ruhnke I, Zhang D, Shini S. Nutrition, feeding and laying hen welfare. *Animal Production Science*. 2021; 61: 893–914 Review <https://doi.org/10.1071/AN20396>

26. Zaefarian F, Abdollahi MR, Ravindran V. Starch digestion in broiler chickens fed cereal diets, *Animal Feed Science and Technology*. 2015; 209:16-29. ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.020>
27. Weurding RE, Enting H, Verstegen MW. The relation between starch digestion rate and amino acid level for broiler chickens. *Poult. Sci.* 2003; 82:279–284
28. Enting H, Pos J, Weurding RE, Veldman A. Starch digestion rate affects broiler performance. *Proceedings of the Aust. Poult. Sci. Symp. Sydney. Aust.* 2005; 17–20.
29. Herwig E, Abbott D, Schwean-Lardner KV, Classen HL. Assessing the effect of rate and extent of starch digestion on laying hen performance. *Poultry Science*. 2019; 98:2940–2947 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez044>
30. Woodward AD, Regmi PR, Ganzle MG, van Kempen TATG, Zijlstra RT. Slowly digestible starch influences mRNA abundance of glucose and short-chain fatty acid transporters in the porcine distal intestinal tract. *J. Anim. Sci.* 2012; 90:80–82.
31. Liu S, Ma T, Wei Z, Bai G, Liu H, Xu D, Shan Z, Wang F. Study about thermal runaway behavior of high specific energy density Li-ion batteries in a low state of charge, *Journal of Energy Chemistry*. 2021; 52: 20-27, ISSN 2095-4956, <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.03.029>
32. Greenhalgh S, Chrystal PV, Lemme A, Dorigam JCP, Macelline SP, Liu SY, Selle PH. Capping dietary starch: Protein ratios enhances performance of broiler chickens offered reduced-crude protein, maize-based diets *Animal Feed Science and Technology*. 2020; 290. 115374, ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115374>
33. Chrystal PV, Moss AF, Khoddami A, Naranjo VD, Selle PH, Liu SY. Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism, *Poultry Science*. 2020; 99(3): 1421-1431. ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.060>
34. Chrystal PV, Greenhalgh S, McInerney BV, McQuade LR, Akter Y, de Paula Dorigam JC, Selle PH, Liu SY. Maize-based diets are more conducive to crude protein reductions than wheat-based diets for broiler chickens, *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 275. 114867, ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114867>
35. Bjerrum L, Engberg RM, Leser TD, Jensen BB, Finster K, Pedersen K. Microbial community composition of the ileum and cecum of broiler chickens as revealed by molecular and culture-based techniques, *Poultry Science*. 2006; 85(7): 1151-1164, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1093/ps/85.7.1151>
36. Apajalahti J, Vienola JK. Interaction between chicken intestinal microbiota and protein digestion, *Animal Feed Science and Technology*. 2016; 323-330, ISSN 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.004>

37. De Cesare A, do Valle IF, Sala C, Sirri F, Astolfi A, Castellani G, Manfreda G. Effect of a low protein diet on chicken ceca microbiome and productive performances, *Poultry Science*. 2019; 98(9): 3963-3976, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps/pez132>
38. Selle PH, Liu SY. The Relevance of Starch and Protein Digestive Dynamics in Poultry, *Journal of Applied Poultry Research*. 2019; 28(3): 531-545. ISSN 1056-6171, <https://doi.org/10.3382/japr/pfy026>
39. Deep A, Van Kessel AG, Classen HL. Feeding ingredients with variable starch digestion rate affect the expression of hepatic fat and glycogen metabolism genes in broiler breeder pullets. *Poult. Sci. Assoc.* 2015; 104th Annu. Meet. Louisville, Kentucky:77–78

VIII. ANEXO:

8.1 FORMULAS DE LAS DIETAS UTILIZADAS

T-1 ALMIDON BAJO

Plant: Base Plant

Batch Size(USD/kg): 100.0000

Cost in USD/kg: 1.8574

Batch Cost(in USD): 185.7429

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ	1.63			52.8533	52.8533	86.1508	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.34			19.6378	19.6378	45.9524	
SP DE TRIGO	1.39			8.1187	8.1187	11.285	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.24	6	6	6	6	1.44	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.4		5	5	5	12	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.23			2.9991	2.9991	0.6898	
ACEITE DE SOYA FEDNA	3.8			2.8927	2.8927	10.9924	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	4.5			1.4198	1.4198	6.3893	
SAL COMUN	0.5			0.2863	0.2863	0.1432	
DL METIONINA	19.4			0.2103	0.2103	4.0796	
BICARBONATO DE SODIO	3.5	0.2		0.2	0.2	0.7	
CLORURO DE COLINA 60%	6.2			0.1309	0.1309	0.8115	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8	0.1	0.1	0.1	0.1	1.98	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	25	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5	
ZINC BACITRACIN	12.3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.615	
LISINA	12.2			0.0011	0.0011	0.014	

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	1.82		3.3439	
Alanina T	2	%			0.9063	
Almidon	3	%		37.5	37.5	-0.0087
Arginina SID	4	%	0.77		1.0303	
Arginina T	5	%			1.1119	
Asp T	6	%			0.9904	
BED	7	mEq/Kg			205.071	
Calcio	8	%	3.73	3.73	3.73	-0.0216
Ceniza	9	%			2.5548	
Cloro	10	%			0.2551	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2394	
Cystina T	13	%			0.2881	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2750		2750	0.0003
ENeta postura		kcal/kg			2084.0454	
Extracto etereo	24	%			6.6706	
FDA	25	%			4.7705	
FDN	26	%			13.9157	
Fenylalanina SID	27	%			0.7501	
Fenylalanina T	28	%			0.8345	
Fibra cruda	29	%			2.7527	
Glu T	30	%			1.6574	
Gly + Ser T	31	%			1.614	
Glycina T	32	%			0.7327	
Histidina SID	33	%			0.4078	
Histidina T	34	%			0.4594	
Isoleucina SID	35	%	0.62		0.6296	
Isoleucina T	36	%			0.7058	
Leucina SID	38	%			1.3516	
Leucina T	39	%			1.4829	
Lysina SID	40	%	0.76		0.76	0.1246
Lysina T	41	%			0.8666	
Materia seca	42	%			90.0698	
Met + Cys T	43	%			0.7597	
Met + Cys SID	44	%	0.69		0.69	0.1688
Methionina SID	45	%	0.39		0.4423	
Methionina T	46	%			0.4643	
P Dig cvb	47	%			0.3648	
P Dig FEDNA	48	%			0.371	
P disponible	49	%	0.38		0.38	0.1797
P fitico	50	%			0.2243	
P total	51	%			0.6437	

PNA	53	%			15.6343	
Potasio	54	%			0.7038	
Prolina T	55	%			1.002	
Proteina cruda	56	%	16.5		16.5	0.0019
Serine T	57	%			0.8813	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	-0.0139
Threonina SID	59	%	0.54		0.571	
Threonina T	60	%			0.6505	
Tryptophano SID	61	%	0.16		0.1849	
Tryptophano T	62	%			0.2047	
Tyrosine T	63	%			0.5964	
Valina SID	64	%	0.67		0.7007	
Valina T	65	%			0.8078	

T-2 ALMIDON MEDIO 39.5

Plant: Base Plant

Batch Size(USD/kg): 100.0000

Cost in USD/kg: 1.8406

Batch Cost(in USD): 184.0561

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ	1.63			57.9156	57.9156	94.4024	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.34			20.1538	20.1538	47.1598	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.24	6	6	6	6	1.44	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.4		5	5	5	12	
SP DE TRIGO	1.39			3.9214	3.9214	5.4507	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.23			2.9975	2.9975	0.6894	
ACEITE DE SOYA FEDNA	3.8			1.4902	1.4902	5.6629	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	4.5			1.4474	1.4474	6.5134	
SAL COMUN	0.5			0.2869	0.2869	0.1434	
DL METIONINA	19.4			0.2052	0.2052	3.9804	
BICARBONATO DE SODIO	3.5	0.2		0.2	0.2	0.7	
CLORURO DE COLINA 60%	6.2			0.132	0.132	0.8185	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8	0.1	0.1	0.1	0.1	1.98	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	25	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5	
ZINC BACITRACIN	12.3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.615	

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	1.82		2.6232	
Alanina T	2	%			0.9213	
Almidon	3	%	39.5	39.5	39.5	-0.0084
Arginina SID	4	%	0.77		1.0269	
Arginina T	5	%			1.108	
Asp T	6	%			1.004	
BED	7	mEq/Kg			200.8512	
Calcio	8	%	3.73	3.73	3.73	-0.0191
Ceniza	9	%			2.4482	

Cloro	10	%			0.2572	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2405	
Cystina T	13	%			0.2882	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2750		2750	0.0003
ENeta postura		kcal/kg			2165.7656	
Extracto etereo	24	%			5.3386	
FDA	25	%			4.4208	
FDN	26	%			13.014	
Fenylalanina SID	27	%			0.7595	
Fenylalanina T	28	%			0.8429	
Fibra cruda	29	%			2.4817	
Glu T	30	%			1.6537	
Gly + Ser T	31	%			1.6167	
Glycina T	32	%			0.7274	
Histidina SID	33	%			0.4129	
Histidina T	34	%			0.4622	
Isoleucina SID	35	%	0.62		0.6372	
Isoleucina T	36	%			0.7116	
Leucina SID	38	%			1.3878	
Leucina T	39	%			1.5165	
Lysina SID	40	%	0.76		0.7643	
Lysina T	41	%			0.8685	
Materia seca	42	%			89.9492	
Met + Cys T	43	%			0.757	
Met + Cys SID	44	%	0.69		0.69	0.1642
Methionina SID	45	%	0.39		0.4407	
Methionina T	46	%			0.4609	
P Dig cvb	47	%			0.3605	
P Dig FEDNA	48	%			0.3694	
P disponible	49	%	0.38		0.38	0.1824
P fitico	50	%			0.2165	
P total	51	%			0.6252	
PNA	53	%			14.2278	
Potasio	54	%			0.6833	
Prolina T	55	%			1.0067	
Proteina cruda	56	%	16.5		16.5	0.0104
Serine T	57	%			0.8894	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	-0.0115
Threonina SID	59	%	0.54		0.5798	
Threonina T	60	%			0.6557	
Tryptophano SID	61	%	0.16		0.1838	
Tryptophano T	62	%			0.2019	
Tyrosine T	63	%			0.6024	
Valina SID	64	%	0.67		0.7082	
Valina T	65	%			0.8109	

T-3 ALMIDON ALTO 41.5

Plant: Base Plant

Batch Size(USD/kg): 100.0000

Cost in USD/kg: 1.8329

Batch Cost(in USD): 183.2889

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ	1.63			62.9885	62.9885	102.6713	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.34			24.5341	24.5341	57.4098	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.24	6	6	6	6	1.44	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.23			2.9913	2.9913	0.688	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	4.5			1.4742	1.4742	6.6339	
ACEITE DE SOYA FEDNA	3.8			0.9074	0.9074	3.448	
SAL COMUN	0.5			0.2892	0.2892	0.1446	
BICARBONATO DE SODIO	3.5	0.2		0.2	0.2	0.7	
DL METIONINA	19.4			0.1995	0.1995	3.871	
CLORURO DE COLINA 60%	6.2			0.1392	0.1392	0.8632	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8	0.1	0.1	0.1	0.1	1.98	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	25	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5	
ZINC BACITRACIN	12.3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.615	
LISINA	12.2			0.0266	0.0266	0.3241	

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	1.82		1.9114	
Alanina T	2	%			0.9386	
Almidon	3	%	41.5	41.5	41.5	0.0784
Arginina SID	4	%	0.77		1.0195	
Arginina T	5	%			1.1061	
Asp T	6	%			1.0175	
BED	7	mEq/Kg			194.3305	
Calcio	8	%	3.73	3.73	3.73	0.2644
Ceniza	9	%			2.3541	
Cloro	10	%			0.2672	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2431	
Cystina T	13	%			0.2865	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2750		2750	0.0015
ENeta postura		kcal/kg			2183.6138	
Extracto etereo	24	%			4.0028	
FDA	25	%			3.9041	
FDN	26	%			12.0291	
Fenylalanina SID	27	%			0.7693	
Fenylalanina T	28	%			0.8509	
Fibra cruda	29	%			2.1422	
Glu T	30	%			1.6463	
Gly + Ser T	31	%			1.6241	
Glycina T	32	%			0.7223	
Histidina SID	33	%			0.4186	
Histidina T	34	%			0.4655	
Isoleucina SID	35	%	0.62		0.6436	
Isoleucina T	36	%			0.7175	
Leucina SID	38	%			1.4213	
Leucina T	39	%			1.5485	
Lysina SID	40	%	0.76		0.7909	
Lysina T	41	%			0.8886	
Materia seca	42	%			89.8232	
Met + Cys T	43	%			0.752	
Met + Cys SID	44	%	0.69		0.69	0.1192
Methionina SID	45	%	0.39		0.4382	
Methionina T	46	%			0.4567	
P Dig cvb	47	%			0.3574	
P Dig FEDNA	48	%			0.3668	
P disponible	49	%	0.38		0.38	0.493
P fitico	50	%			0.2066	
P total	51	%			0.6055	

PNA	53	%			12.7818	
Potasio	54	%			0.6505	
Prolina T	55	%			1.0098	
Proteina cruda	56	%	16.5		16.5	0.169
Serine T	57	%			0.9017	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	0.2599
Threonina SID	59	%	0.54		0.5867	
Threonina T	60	%			0.6607	
Tryptophano SID	61	%	0.16		0.1825	
Tryptophano T	62	%			0.1997	
Tyrosine T	63	%			0.6123	
Valina SID	64	%	0.67		0.715	
Valina T	65	%			0.8152	

8.2 Resultados de análisis estadísticos

❖ Consumo de alimento:

Obs	trt	block	CONSUMO
1	Alm37.5	1	116.983
2	Alm37.5	2	125.180
3	Alm37.5	3	120.672
4	Alm37.5	4	126.903
5	Alm37.5	5	128.868
6	Alm39.5	1	118.117
7	Alm39.5	2	128.552
8	Alm39.5	3	124.578
9	Alm39.5	4	127.065
10	Alm39.5	5	130.177
11	Alm41.5	1	122.303
12	Alm41.5	2	131.488
13	Alm41.5	3	132.471
14	Alm41.5	4	124.879
15	Alm41.5	5	126.399

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
block	5	1 2 3 4 5
trt	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: CONSUMO

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	211.4782264	35.2463711	3.42	0.0559
Error	8	82.3436649	10.2929581		
Total corregido	14	293.8218913			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de CONSUMO
0.719750	2.553490	3.208264	125.6423

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	175.6055167	43.9013792	4.27	0.0387
trt	2	35.8727097	17.9363549	1.74	0.2354

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	175.6055167	43.9013792	4.27	0.0387
trt	2	35.8727097	17.9363549	1.74	0.2354

❖ **Indice de conversion alimenticia:**

Obs	trt	block	CONVERSION
1	Alm37.5	1	1.92285
2	Alm37.5	2	1.91272
3	Alm37.5	3	1.92511
4	Alm37.5	4	1.98532
5	Alm37.5	5	1.97449
6	Alm39.5	1	1.87400
7	Alm39.5	2	2.02085
8	Alm39.5	3	2.16006
9	Alm39.5	4	1.97692
10	Alm39.5	5	2.13164
11	Alm41.5	1	1.91682
12	Alm41.5	2	2.07060
13	Alm41.5	3	2.21181
14	Alm41.5	4	1.84869
15	Alm41.5	5	2.05170

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
block	5	1 2 3 4 5
trt	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: CONVERSION

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.09987380	0.01664563	2.14	0.1579
Error	8	0.06228080	0.00778510		
Total corregido	14	0.16215461			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de CONVERSION
0.615917	4.414075	0.088233	1.998906

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.07693653	0.01923413	2.47	0.1286
trt	2	0.02293728	0.01146864	1.47	0.2853

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.07693653	0.01923413	2.47	0.1286
trt	2	0.02293728	0.01146864	1.47	0.2853

❖ **Eficiencia Energetica Bruta:**

Obs	trt	block	EEB
1	Alm37.5	1	5.38397
2	Alm37.5	2	5.35563
3	Alm37.5	3	5.39031
4	Alm37.5	4	5.55890
5	Alm37.5	5	5.52856
6	Alm39.5	1	5.24721
7	Alm39.5	2	5.65838
8	Alm39.5	3	6.04817
9	Alm39.5	4	5.53537
10	Alm39.5	5	5.96859
11	Alm41.5	1	5.33381
12	Alm41.5	2	5.79769
13	Alm41.5	3	6.19308
14	Alm41.5	4	5.17634
15	Alm41.5	5	5.74477

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
block	5	1 2 3 4 5
trt	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: EEB

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.79712015	0.13285336	2.17	0.1539
Error	8	0.49050451	0.06131306		
Total corregido	14	1.28762467			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de EEB
0.619063	4.425866	0.247615	5.594719

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.62106175	0.15526544	2.53	0.1227
trt	2	0.17605840	0.08802920	1.44	0.2932

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.62106175	0.15526544	2.53	0.1227
trt	2	0.17605840	0.08802920	1.44	0.2932

❖ **Peso de huevo:**

Obs	trt	block	PESOH
1	Alm37.5	1	61.278
2	Alm37.5	2	65.438
3	Alm37.5	3	64.083
4	Alm37.5	4	63.672
5	Alm37.5	5	66.832
6	Alm39.5	1	64.274
7	Alm39.5	2	64.776
8	Alm39.5	3	63.004
9	Alm39.5	4	66.169
10	Alm39.5	5	62.203
11	Alm41.5	1	66.036
12	Alm41.5	2	65.562
13	Alm41.5	3	62.855
14	Alm41.5	4	68.085
15	Alm41.5	5	62.414

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
block	5	1 2 3 4 5
trt	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PESOH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	17.35700333	2.89283389	0.68	0.6709
Error	8	33.98092827	4.24761603		
Total corregido	14	51.33793160			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PESOH
0.338093	3.198017	2.060975	64.44540

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	15.05240293	3.76310073	0.89	0.5139
trt	2	2.30460040	1.15230020	0.27	0.7691

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	15.05240293	3.76310073	0.89	0.5139
trt	2	2.30460040	1.15230020	0.27	0.7691

❖ **Masa de huevo:**

Obs	trt	block	MASAH
1	Alm37.5	1	60.846
2	Alm37.5	2	65.557
3	Alm37.5	3	62.759
4	Alm37.5	4	64.779
5	Alm37.5	5	65.685
6	Alm39.5	1	63.153
7	Alm39.5	2	63.636
8	Alm39.5	3	57.951
9	Alm39.5	4	64.280
10	Alm39.5	5	61.228
11	Alm41.5	1	64.197
12	Alm41.5	2	63.699
13	Alm41.5	3	59.943
14	Alm41.5	4	67.620
15	Alm41.5	5	61.760

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
block	5	1 2 3 4 5
trt	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

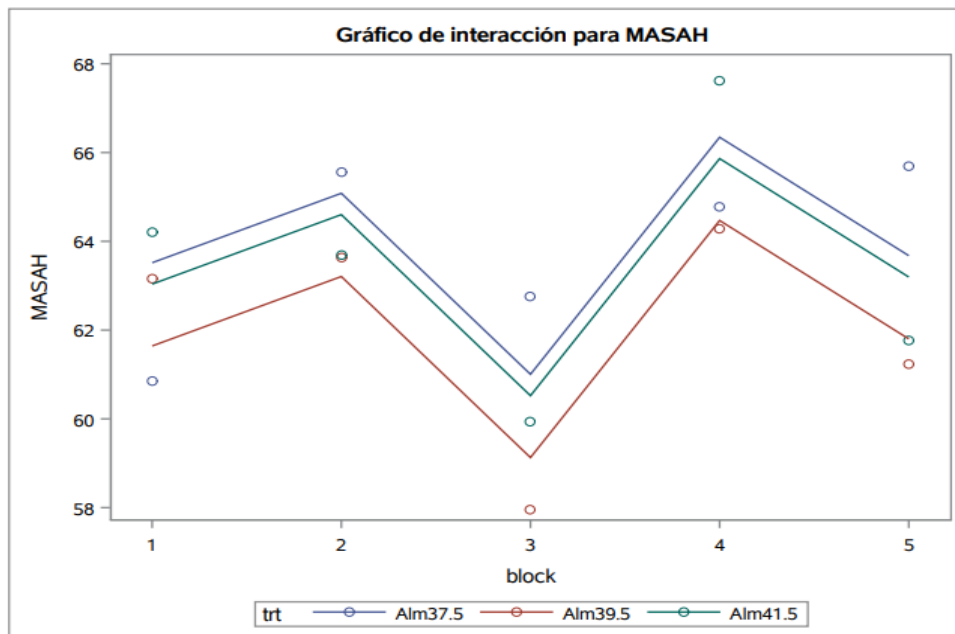
Variable dependiente: MASAH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	57.37713467	9.56285578	2.66	0.1009
Error	8	28.78828307	3.59853538		
Total corregido	14	86.16541773			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de MASAH
0.665895	3.004426	1.896981	63.13953

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	47.88810973	11.97202743	3.33	0.0695
trt	2	9.48902493	4.74451247	1.32	0.3200

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	47.88810973	11.97202743	3.33	0.0695
trt	2	9.48902493	4.74451247	1.32	0.3200



❖ Produccion de huevo:

Obs	NUMERO	TRT	PRODUCCIONH
1	1	Alm37.5	99.286
2	2	Alm37.5	98.572
3	3	Alm37.5	97.858
4	4	Alm37.5	97.501
5	5	Alm37.5	98.215
6	6	Alm39.5	98.215
7	7	Alm39.5	98.215
8	8	Alm39.5	92.143
9	9	Alm39.5	97.144
10	10	Alm39.5	98.215
11	11	Alm41.5	97.144
12	12	Alm41.5	97.144
13	13	Alm41.5	95.001
14	14	Alm41.5	99.286
15	15	Alm41.5	98.929

Procedimineto NPAR1WAY

Análisis de varianza para variable PRODUCCIONH Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Media
Alm37.5	5	98.28640
Alm39.5	5	96.78640
Alm41.5	5	97.50080

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Entre	2	5.629225	2.814612	0.8153	0.4656
Dentro	12	41.428287	3.452357		
Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.					

Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones Savage (Exponenciales) para variable PRODUCCIONH Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	1.358605	0.0	1.619970	0.271721
Alm39.5	5	-1.734912	0.0	1.619970	-0.346982
Alm41.5	5	0.376307	0.0	1.619970	0.075261
Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.					

Análisis de un factor de Savage		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.2695	2	0.5301

Procedimineto NPAR1WAY

Test Kolmogorov-Smirnov para variable PRODUCCIONH Clasificado por variable TRT			
TRT	N	EDF al máximo	Desviación de la media al máximo
Alm37.5	5	0.000000	-0.745356
Alm39.5	5	0.400000	0.149071
Alm41.5	5	0.600000	0.596285
Total	15	0.333333	
Desviación máxima producida en la observación 9			
Valor de PRODUCCIONH en Máximo = 97.1440			

Estadísticos Kolmogorov-Smirnov (Asintótico)			
KS	KSa	KSb	KSd
0.249444	0.966002		

Test Cramer-von Mises para variable PRODUCCIONH Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Desviación sumada desde la media
Alm37.5	5	0.158519
Alm39.5	5	0.127407
Alm41.5	5	0.131852

❖ UH

Obs	NUMERO	TRT	UH
1	1	Alm37.5	86.10
2	2	Alm37.5	86.98
3	3	Alm37.5	99.08
4	4	Alm37.5	91.42
5	5	Alm37.5	97.32
6	6	Alm39.5	81.62
7	7	Alm39.5	83.72
8	8	Alm39.5	90.64
9	9	Alm39.5	90.24
10	10	Alm39.5	86.04
11	11	Alm41.5	78.02
12	12	Alm41.5	97.02
13	13	Alm41.5	89.66
14	14	Alm41.5	99.30
15	15	Alm41.5	83.96

Test Cramer-von Mises para variable UH Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Desviación sumada desde la media
Alm37.5	5	0.161481
Alm39.5	5	0.161481
Alm41.5	5	0.032593

Procedimineto NPAR1WAY

Estadísticos Cramer-von Mises (Asymptotic)			
CM	0.023704	CMA	0.355556

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TRT	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

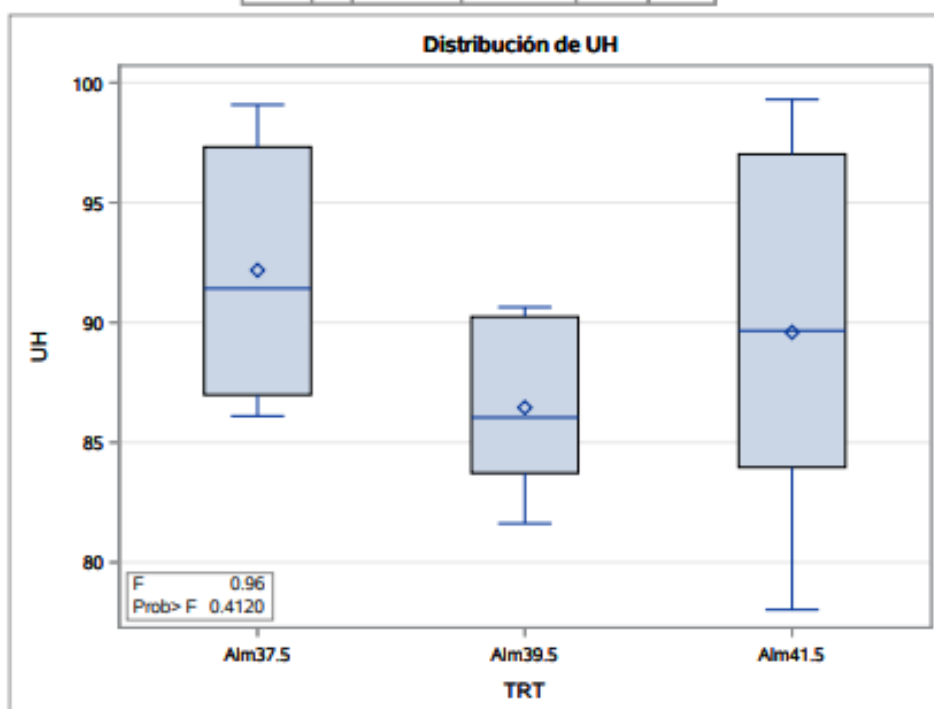
Variable dependiente: UH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	82.2788800	41.1394400	0.96	0.4120
Error	12	516.5393600	43.0449467		
Total corregido	14	598.8182400			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de UH
0.137402	7.338118	6.560855	89.40800

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	82.27888000	41.13944000	0.96	0.4120

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	82.27888000	41.13944000	0.96	0.4120



❖ Porcentaje de yema:

Obs	NUMERO	TRT	PORCYEMA
1	1	Alm37.5	25.6836
2	2	Alm37.5	22.0457
3	3	Alm37.5	22.5849
4	4	Alm37.5	24.7390
5	5	Alm37.5	23.2803
6	6	Alm39.5	23.6857
7	7	Alm39.5	25.3120
8	8	Alm39.5	25.7083
9	9	Alm39.5	22.7011
10	10	Alm39.5	24.8189
11	11	Alm41.5	22.9815
12	12	Alm41.5	23.6290
13	13	Alm41.5	22.1161
14	14	Alm41.5	24.1946
15	15	Alm41.5	26.4168

Procedimiento NPAR1WAY

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) para variable PORCYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	33.0	40.0	8.164966	6.60
Alm39.5	5	49.0	40.0	8.164966	9.80
Alm41.5	5	38.0	40.0	8.164966	7.60

Procedimiento NPAR1WAY

Puntuaciones Savage (Exponenciales) para variable PORCYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	-1.375930	0.0	1.667745	-0.275186
Alm39.5	5	1.061744	0.0	1.667745	0.212349
Alm41.5	5	0.314186	0.0	1.667745	0.062837

Análisis de un factor de Savage

Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
0.7476	2	0.6881

Procedimiento NPAR1WAY

Test Kolmogorov-Smirnov para variable PORCYEMA Clasificado por variable TRT			
TRT	N	EDF al máximo	Desviación de la media al máximo
Alm37.5	5	0.600000	0.298142
Alm39.5	5	0.200000	-0.596285
Alm41.5	5	0.600000	0.298142
Total	15	0.466667	
Desviación máxima producida en la observación 12			
Valor de PORCYEMA en Máximo = 23.628982			

Estadísticos Kolmogorov-Smirnov (Asintótico)			
KS	0.188562	KSa	0.730297

Test Cramer-von Mises para variable PORCYEMA Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Desviación sumada desde la media
Alm37.5	5	0.063704
Alm39.5	5	0.117037
Alm41.5	5	0.041481

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TRT	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PORCYEMA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	1.63324365	0.81662183	0.38	0.6918
Error	12	25.78540770	2.14878397		
Total corregido	14	27.41865135			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PORCYEMA
0.059567	6.109547	1.465873	23.99316

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	1.63324365	0.81662183	0.38	0.6918

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	1.63324365	0.81662183	0.38	0.6918

❖ **Indice de yema:**

Obs	NUMERO	TRT	IYEMA
1	1	Alm37.5	0.4664
2	2	Alm37.5	0.4492
3	3	Alm37.5	0.4464
4	4	Alm37.5	0.4470
5	5	Alm37.5	0.4576
6	6	Alm39.5	0.4498
7	7	Alm39.5	0.4630
8	8	Alm39.5	0.4686
9	9	Alm39.5	0.4456
10	10	Alm39.5	0.4468
11	11	Alm41.5	0.4348
12	12	Alm41.5	0.4336
13	13	Alm41.5	0.4626
14	14	Alm41.5	0.4552
15	15	Alm41.5	0.4476

Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) para variable IYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	43.0	40.0	8.164966	8.60
Alm39.5	5	45.0	40.0	8.164966	9.00
Alm41.5	5	32.0	40.0	8.164966	6.40

Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones Savage (Exponenciales) para variable IYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	0.066109	0.0	1.667745	0.013222
Alm39.5	5	1.608966	0.0	1.667745	0.321793
Alm41.5	5	-1.675075	0.0	1.667745	-0.335015

Análisis de un factor de Savage		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.2941	2	0.5236

Procedimineto NPAR1WAY

Test Kolmogorov-Smirnov para variable IYEMA Clasificado por variable TRT			
TRT	N	EDF al máximo	Desviación de la media al máximo
Alm37.5	5	0.000000	-0.298142
Alm39.5	5	0.000000	-0.298142
Alm41.5	5	0.400000	0.596285
Total	15	0.133333	
Desviación máxima producida en la observación 11			
Valor de IYEMA en Máximo = 0.43480			

Estadísticos Kolmogorov-Smirnov (Asintótico)			
KS	KSa	KSb	KSd
0.188562	0.730297		

Procedimiento NPAR1WAY

Estadísticos Cramer-von Mises (Asymptotic)			
CM	0.011259	CMa	0.168889

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TRT	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Test de Levene para homogeneidad de la varianza IYEMA ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	1.206E-8	6.03E-9	1.05	0.3805
Error	12	6.902E-8	5.752E-9		

❖ Color de yema:

Obs	NUMERO	TRT	COLORYEMA
1	1	Alm37.5	6.6
2	2	Alm37.5	6.6
3	3	Alm37.5	6.0
4	4	Alm37.5	6.8
5	5	Alm37.5	6.8
6	6	Alm39.5	7.0
7	7	Alm39.5	7.4
8	8	Alm39.5	7.0
9	9	Alm39.5	7.2
10	10	Alm39.5	7.2
11	11	Alm41.5	6.8
12	12	Alm41.5	7.4
13	13	Alm41.5	7.2
14	14	Alm41.5	7.2
15	15	Alm41.5	6.8

Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) para variable COLORYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	17.00	40.0	7.995534	3.40
Alm39.5	5	54.50	40.0	7.995534	10.90
Alm41.5	5	48.50	40.0	7.995534	9.70
Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.					

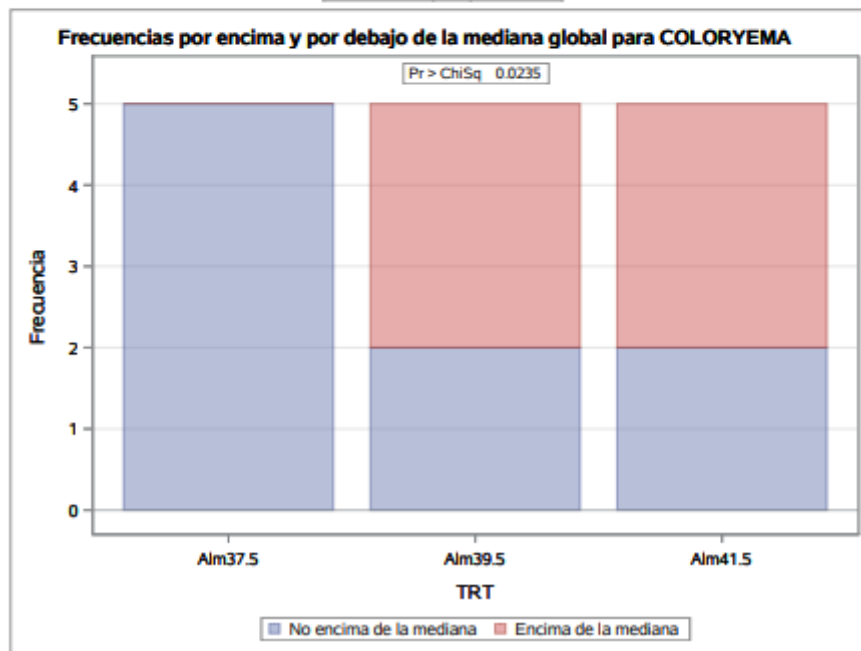
Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
8.4626	2	0.0145

Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones de la mediana (Número de puntos por encima de la mediana) para variable COLORYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	0.0	2.333333	0.877406	0.00
Alm39.5	5	4.0	2.333333	0.877406	0.80
Alm41.5	5	3.0	2.333333	0.877406	0.60

Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.

Análisis de un factor de la mediana		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
7.5052	2	0.0235



Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones Savage (Exponenciales) para variable COLORYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
Alm37.5	5	-3.691597	0.0	1.601740	-0.738319
Alm39.5	5	2.198288	0.0	1.601740	0.439658
Alm41.5	5	1.493309	0.0	1.601740	0.298662

Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.

Análisis de un factor de Savage		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
5.3764	2	0.0680

Procedimiento NPAR1WAY

Estadísticos Cramer-von Mises (Asymptotic)			
CM	0.069333	CMA	1.040000

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
TRT	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: COLORYEMA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	1.06133333	0.53066667	7.65	0.0072
Error	12	0.83200000	0.06933333		
Total corregido	14	1.89333333			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de COLORYEMA
0.560563	3.797773	0.263312	6.933333

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	1.06133333	0.53066667	7.65	0.0072

Origen	DF	Tipo II SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	1.06133333	0.53066667	7.65	0.0072

❖ **Peso de yema:**

Obs	trt	block	PESYOYEMA
1	Alm37.5	1	15.8614
2	Alm37.5	2	14.8451
3	Alm37.5	3	14.6202
4	Alm37.5	4	16.2684
5	Alm37.5	5	15.4183
6	Alm39.5	1	15.8291
7	Alm39.5	2	16.0479
8	Alm39.5	3	15.7588
9	Alm39.5	4	15.7885
10	Alm39.5	5	16.3289
11	Alm41.5	1	15.0598
12	Alm41.5	2	15.5000
13	Alm41.5	3	15.5029
14	Alm41.5	4	16.5783
15	Alm41.5	5	16.5975

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
block	5	1 2 3 4 5
trt	3	Alm37.5 Alm39.5 Alm41.5

N.º observaciones leídas	15
Número de observaciones usadas	15

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PESOYEMA

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	2.83511860	0.47251977	1.81	0.2133
Error	8	2.08321656	0.26040207		
Total corregido	14	4.91833516			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PESOYEMA
0.576439	3.243340	0.510296	15.73366

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	1.98701967	0.49675492	1.91	0.2026
trt	2	0.84809893	0.42404946	1.63	0.2551

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	1.98701967	0.49675492	1.91	0.2026
trt	2	0.84809893	0.42404946	1.63	0.2551

8.3 FOTOS DEL PROCESO DEL EXPERIMENTO:



Foto N° 1: Gallina de postura de Dekalb brown



Foto N° 2: DET 6500 (Japón)



Foto N° 3: Preparación de alimentos



Foto N° 4: Almacenamiento de las dietas



Foto N° 5: Evaluación de peso de yema