



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 dietas altas en fibra detergente neutra
sobre la respuesta productiva y económica de gallinas de
postura**

presentado por:

HILDA CELIA SAMANIEGO QUISPE

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 11% 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

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**“Evaluación de dietas altas en fibra detergente neutra sobre la
respuesta productiva y económica de gallinas de postura”**

Línea de investigación de la Facultad:

Salud pública y conservación del medio ambiente

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

AUTOR

HILDA CELIA SAMANIEGO QUISPE

ASESOR

ELIAS SALVADOR TASAYCO, PhD.

ICA, Perú

2023

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en todas mis decisiones a lo largo de toda mi carrera, así como en mi vida

A mis mascotas mis primeros pacientes quienes me motivaron a seguir esta hermosa profesión.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a todo mis docentes, maestros y doctores quienes han impartido en mí su conocimiento.

A mi casa de estudios de la cual solo tengo hermosos recuerdos de la carrera universitaria.

Un agradecimiento especial a mis amigos y compañeros de la carrera Alexandra y Joseth quienes me apoyaron en todo el proyecto de la tesis.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
TÍTULOS Y SUBTÍTULOS	
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 _____	8
2.1 Nivel y tipo de investigación _____	8
2.2 Lugar y fecha de ejecución del experimento _____	8
2.3 Localización geográfica y meteorológica _____	8
2.4 Materiales y equipo _____	8
2.5 Etapa previa al experimento _____	9
2.6 Alimentación y formulación de las dietas _____	9

2.7	Programa sanitario y de manejo _____	10
2.8	Variables de evaluación _____	10
2.9	Diseño experimental de la investigación _____	12
2.10	Tratamientos experimentales _____	12
2.11	Técnicas e instrumento de recolección de datos _____	12
2.12	Análisis estadístico _____	13
III	RESULTADOS _____	14
IV	DISCUSIÓN _____	17
V	CONCLUSIONES _____	22
VI	RECOMENDACIONES _____	23
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	24
VIII	ANEXOS _____	29

INDICE DE TABLAS

Nº		Pág.
01	Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre el consumo de alimento, conversión alimenticia y eficiencia energética de gallinas de postura ($\pm$ DE)	14
02	Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre producción de huevos, peso de huevo y masa de huevo de gallinas de postura ($\pm$ DE)	14
03	Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre unidad Haugh, peso de yema y porcentaje de yema de huevo de gallinas de postura ($\pm$ DE)	15
04	Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre índice de yema y color de yema de huevo de gallinas de postura ($\pm$ DE)	15
05	Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre el costo de alimentación, margen sobre costo y retribución económica de gallinas de postura	16

INDICE DE ANEXOS

Nº		Pág.
01	Fórmulas de las dietas utilizadas _____	29
02	Resultado de análisis estadístico _____	38
03	Fotos del desarrollo del experimento _____	49

INDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto N.º 1: Gallinas experimentales DEKALB BROW	49
_____	49
Foto N.º 2: Preparación de dietas experimentales	50
_____	50
Foto N.º 3: Pesaje de las dietas _____	51
Foto N.º 4: Recolección de huevos	51
_____	51
Foto N.º 5: Equipo analizador DET 6500 (Japón)	52
_____	52
Foto N.º 6: Evaluando calidad de huevo	

Foto N.º 7: Evaluando el peso de la yema	

Foto N.º 8: Peso de la yema en balanza analítica	

RESUMEN

“Evaluación de dietas altas en fibra detergente neutra sobre la respuesta productiva y económica de gallinas de postura”

INTRODUCCIÓN: la fibra cumple un rol importante en las dietas de gallinas de postura, sin embargo, hay pocos estudios sobre nivel óptimo de fibra cruda y más aún sobre el nivel de fibra detergente neutra que optimice la respuesta productiva. **OBJETIVO:** Determinar el efecto de diferentes niveles de fibra detergente neutra (FDN) 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 12.50 % (T-1), dieta con 13.50 % (T-2) y dieta con 14.50 % (T-3) de FDN. 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 diferentes niveles de FDN en la dieta no tuvieron efecto significativo sobre las características de consumo de alimento, conversión alimenticia, eficiencia energética, producción de huevos, peso y masa de huevo, unidad Haugh, peso de yema, índice de yema. El color de la yema fue mejorado significativamente con los niveles más bajos de FDN por el mayor contenido de xantofilas en las dietas con mayor inclusión de maíz. El costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y la retribución económica fue mejor para la dieta con el nivel de FDN intermedio. **CONCLUSIÓN:** los niveles desde 12.5 a 14.5% de FDN en la dieta de gallinas no afectaron la respuesta productiva y las principales características de calidad de huevo indicando que las

gallinas se adaptan a estos niveles, sin embargo, se recomienda pruebas adicionales para precisar mejor la respuesta. Desde el punto de vista económico el nivel intermedio de FDN fue de mejor retribución económica.

Palabras claves: dieta, fibra detergente neutra, huevo, producción de gallinas

ABSTRACT

"Evaluation of diets high in neutral detergent fiber on the productive and economic response of laying hens"

INTRODUCTION: fiber plays an important role in the diets of laying hens, however, there are few studies on the optimal level of crude fiber and even more on the level of neutral detergent fiber that optimizes the productive response. **OBJECTIVE:** To determine the effect of different levels of neutral detergent fiber (NDF) 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 12.50% (T-1), diet with 13.50% (T-2) and diet with 14.50% (T-3) of NDF. 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 different NDF levels in the diet had no significant effect on feed intake characteristics, feed conversion, energy efficiency, egg production, egg weight and mass, Haugh unit, yolk weight, yolk index. Yolk color was significantly improved with lower NDF levels due to higher xanthophyll content in diets with higher maize inclusion. Feed cost, feed cost margin and economic reward were better for the diet with the intermediate NDF level. **CONCLUSION:** levels from 12.5 to 14.5% of NDF in the diet of hens did not affect the productive response and the main characteristics of egg quality, indicating that the hens adapt to these levels, however, additional tests are recommended to better specify the answer. From the economic point of view, the intermediate level of FDN was the best financial reward.

Keywords: diet, neutral detergent fiber, egg, laying production

I. INTRODUCCION

En los últimos dos años tanto a nivel local, nacional e internacional el precio de los principales ingredientes alimenticios como el maíz, torta de soya y aceites se han incrementado grandemente lo que ha ocasionado un aumento del costo de las fórmulas y alimento de las gallinas de postura. Ante esta situación, se han venido incluyendo ingredientes no convencionales de menor precio para reducir el costo de las dietas, lo que ha conllevado a un aumento de los niveles de fibra y reducir la densidad energética de las dietas lo que compromete su eficacia en la alimentación de las gallinas de postura. Si bien se logra reducir el costo de las dietas, pero se podría afectar la respuesta productiva.

En este contexto se viene trabajando con el concepto de fibra cruda, sin embargo, este ha sido muy cuestionado y no es un indicador viable en términos de precisión. Este valor de fibra cruda solo debe tomarse como referencia y no como un indicador preciso del nivel de fibra en la dieta de gallinas de postura. El concepto de fibra detergente neutra (FDN) es un indicador adecuado para evaluar el nivel de fibra de la dieta. Actualmente no se tiene información válida sobre el nivel de fibra detergente neutra de las dietas que puede mantener la respuesta productiva y económica de las gallinas de postura.

Sin embargo, este concepto de FDN, los formuladores de alimentos comerciales lo han ignorado en gran medida, a pesar de mucha investigación y refinamiento (1).

Otro problema identificado es respecto al desarrollo de órganos como la molleja que juega un rol importante en el consumo de alimento y digestión. Es frecuente encontrar pesos relativos de mollejas muy bajo en la etapa productiva y esto está relacionado a un bajo nivel de fibra en la dieta lo que ocasiona molleja de menor tamaño lo que afecta el consumo de alimento y reduce la capacidad fisiológica y actividad mecánica de trituración afectando negativamente la digestión.

Los niveles moderados de fibra en las dietas para aves son componentes muy importantes para obtener mejores resultados en la fisiología de las aves y el uso de nutrientes, aumentando el rendimiento y la calidad del huevo (2, 3).

Un aumento de la fracción de fibra dietética puede disminuir la utilización de nutrientes y, por lo tanto, reducir la energía metabolizable del alimento y disminuir la tasa de crecimiento de las aves (4).

Obedeciendo a este nuevo concepto, se ha recomendado la inclusión de fibra en las dietas de las aves para mantener una baja densidad energética y la función fisiológica del tracto digestivo, proporcionando control sobre la ingesta y absorción de nutrientes, y su deposición sobre los huevos (5).

Según el tipo y contenido de fibra (soluble e insoluble), la edad de las aves y la calidad nutricional de los polisacáridos no amiláceos inhalados, la fibra puede actuar de diferentes formas sobre el metabolismo de las aves (2).

Un aumento en la fibra dietética podría aumentar la producción de saliva, jugos gástricos y pepsina (2).

Las estructuras y proporciones relativas de las celulosas, hemicelulosas y ligninas de las fracciones fibrosas de diferentes fuentes pueden diferir considerablemente y esto puede explicar algunas de las diferencias en las respuestas (6)

Se ha creído que la adición de fibra a las dietas de las aves tiene efectos perjudiciales sobre el rendimiento y la utilización de nutrientes, debido al bajo contenido de energía metabolizable de los ingredientes con alto contenido de fibra (7). Una dieta pico tradicional (26 a 50 semanas) contiene aproximadamente 2 a 3 % de fibra cruda. La fibra adicional en la dieta generalmente resulta en un déficit de energía; esto a menudo se compensa con la inclusión de aceite adicional. Desafortunadamente, es muy probable que las dietas en harina que contienen más del 4% de aceite tengan problemas de manejo debido al alto contenido de humedad (8).

Blas (9) realizó un estudio con el objetivo de evaluar cuatro diferentes niveles de fibra cruda en la dieta sobre el comportamiento productivo y económico de las gallinas de postura comercial en la segunda fase de producción. Este estudio fue realizado en el Galpón experimental de gallinas de postura y el Laboratorio de Nutrición de la FMVZ-UNICA. Se utilizaron 80 gallinas de postura de la línea genética ISA Brown de 46 semanas de edad en la segunda fase de producción, criados bajo el sistema de jaulas. Se elaboraron cuatro dietas isocalóricas e isoproteicas, con cuatro niveles de fibra cruda que correspondieron a los cuatro tratamientos aplicados: 3.00, 3.30, 3.60 y 3.90% de fibra cruda. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, que fueron asignadas a las dieciséis unidades experimentales a través de un Diseño de Bloques Completo al Azar con arreglo factorial 4x5 (cuatro niveles de fibra cruda x 5 periodos de evaluación). Se evaluaron las variables como el porcentaje de producción, consumo de alimento, conversión, eficiencia energética, peso y masa de huevo, Unidad Haugh, porcentaje de cáscara y la retribución económica. Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente con el análisis de varianza y comparación de medias, utilizando el procedimiento del Modelo General Lineal de SAS. Los resultados demostraron que el nivel de fibra cruda de las dietas afectó significativamente el consumo de alimento, eficiencia energética, peso del huevo y porcentaje de cáscara. Sin embargo, no afectó el porcentaje de producción de huevos, índice de conversión alimenticia, masa de huevo y Unidad Haugh del huevo. La retribución económica fue mejor para el grupo de gallinas alimentadas con el nivel de 3.00% de fibra cruda. Se concluye que, bajo las condiciones del presente estudio, el nivel de fibra cruda que maximiza la

respuesta productiva esta entre 3.60 y 3.90% de fibra cruda, mientras que para la calidad externa de mejor porcentaje de cáscara del huevo y máxima respuesta económica fue logrado con el nivel de 3.00% de fibra cruda en la dieta.

Abdallah *et al.* (10) llevaron a cabo un estudio con un total de 198 gallinas ponedoras Sinaí locales (180 hembras + 18 machos), de 24 semanas de edad, y se dividieron en seis tratamientos dietéticos para investigar el efecto de los diferentes niveles dietéticos y fuentes de fibra cruda sobre los niveles productivos y reproductivos, rendimiento y digestibilidad de los nutrientes durante el periodo de puesta (24-40 semanas de edad). Las aves fueron alimentadas con una dieta de control que contenía 3.5 % de fibra cruda (FC), mientras que al resto de los tratamientos se les proporcionó niveles moderados de fibra cruda dietética mediante diferentes niveles de harina de girasol (SFM) y orujo de aceituna (OK). Los resultados obtenidos fueron que, los diferentes niveles de FC tenían un peso corporal y una ganancia de peso corporal significativamente más altos en comparación con la dieta control (3,2 % de FC), excepto por la dieta que contenía un 5,42 % de FC (8 % de OK). La inclusión de diferentes niveles de fibra en las dietas dio como resultado una disminución significativa del número de huevos/gallina, mientras que el peso del huevo mejoró significativamente para todos los tratamientos dietéticos FC en comparación con la dieta control, excepto para la dieta que contenía 5,42 % de FC. Con respecto a la masa de huevo, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo alimentado con una dieta que contenía 5,6 % de FC y la dieta de control. La tasa de conversión alimenticia fue significativamente menor para las aves alimentadas con dietas con diferentes niveles de FC que el control. La dieta que contenía 4,42 % de FC (7 % de SFM) dio como resultado una incubabilidad significativamente mayor de los huevos puestos en comparación con el control y otros tratamientos. Además, la incubabilidad de los huevos fértiles tiende a aumentar significativamente en los tratamientos alimentados con 4,45, 4,42 y 5,6 % de CF (7 % SFM, 4 % OK y 7 % SFM+4 % OK) en comparación con la dieta de control. La mortalidad embrionaria disminuyó significativamente con las dietas que contenían 4,45, 4,42 y 5,6 % de CF en comparación con el grupo de control, mientras que el otro tratamiento en realidad no difirió de la dieta de control. Todos los diferentes niveles de FC resultaron en una digestibilidad significativamente mayor de fibra cruda y extracto de éter que la dieta control. No hubo una influencia significativa de los diferentes niveles de fibra cruda en la dieta durante el período de postura a las 40 semanas de edad en el peso relativo de las secciones de GIT segmentos y longitud relativa del intestino delgado. Las gallinas alimentadas con una dieta con 5.6 % FC-tienden a tener un mayor % de HDL que el control, además, todos los tratamientos tienden a tener un HDL/LDL más alto que aquellos alimentados con 3.2 % CF (dieta control). Ningún efecto significativo sobre la eficiencia económica de la producción de huevos debido a que la dieta contenía 5,66 % FC (14 % SFM) en comparación con la dieta control. El estudio actual

ilustró que los niveles moderados de FC en este estudio se pueden usar para reducir la mortalidad embrionaria y mejorar la incubabilidad y el peso del pollito al nacer sin ningún impacto dañino sobre el EE de la incubabilidad, excepto por la dieta con 4.42% FC (4% Ok) también, sin ningún efecto perjudicial sobre el peso del huevo, la masa del huevo, la calidad del huevo y el EE de la producción de huevos con respecto a las dietas que contenían 5,66% FC (14% SFM) y 5,6% FC (7% SFM + 4% OK).

Fisiológicamente, la fibra dietética se puede definir como: el componente consumible de plantas o carbohidratos análogos (polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas) que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (11).

El término "fibra" se ha usado ampliamente para describir polisacáridos no almidón (PNA) y lignina, siendo este último un compuesto polifenólico. Sin embargo, hay una serie de problemas clave que los nutricionistas de aves de corral encuentran cuando se trata de fibra. Primero, hay muchos términos de fibra que son difíciles de diferenciar (1).

El Sistema de Análisis Proximal ideado por la estación de Weende en Alemania (12, 13) clasificó los carbohidratos en un componente más digerible, llamado "extracto libre de nitrógeno (NFE)" y un componente fibroso menos digerible, llamado Fibra Cruda. La ventaja del sistema era que la separación de los componentes de alimentación (NFE, CF, humedad, ceniza, extracto de éter, es decir, grasa bruta y proteína cruda) se basaba en procedimientos analíticos detallados. Tal enfoque creó un sistema que ha resistido la prueba del tiempo a pesar de los avances masivos en la ciencia analítica y la comprensión nutricional que han ocurrido desde que se introdujeron por primera vez hace unos 150 años (1).

La fibra cruda se refiere al remanente orgánico de alimentos que era insoluble en ácido sulfúrico diluido y caliente e hidróxido de sodio. Representa porciones variables del PNA insoluble, que incluye celulosa y algo de "hemicelulosa". Esta variación en el valor de CF depende en gran medida del ingrediente y la naturaleza fisicoquímica del PNA presente en él. En primer lugar, no se tiene en cuenta ninguna de los PNA solubles. Por ejemplo, gran parte de los polisacáridos pécticos, β -glucanos mixtos y arabinoxilanos no se miden en absoluto. Además, es muy probable que parte de la celulosa amorfa, es decir, menos cristalina y menos lignificada, también pueda pasarse por alto por la medición de la fibra bruta ya que se basa en la extracción con ácido y álcali calientes durante un período de tiempo prolongado. Sin embargo, la industria avícola aún utiliza fibra cruda en la formulación de alimentos. Dado que casi todos los polisacáridos pécticos no se miden en fibra bruta, las fuentes de proteína vegetal que son ricas en estos polímeros, como la harina de soya, tienen una gran proporción de su fibra verdadera sin contabilizar. Como resultado, aproximadamente el 25% de la harina de soya no se puede ver en

la mayoría de las bases de datos de nutrientes, que se utilizan para formular millones de toneladas de alimento (1).

La pared celular de la planta está compuesta por polisacáridos no amiláceos (PNA) y lignina. La clasificación de los polisacáridos en función de las diferencias de solubilidad los ubica en las siguientes categorías: celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina (14). Sin embargo, la composición y la actividad fisiológica no se reflejan por completo en este tipo de clasificación. Las paredes de las células vegetales también contienen glicoproteínas, glicolípidos y polifenoles (15).

El sistema de "fibras detergentes" fue establecida por Van Soest (16). Este sistema incluye dos fracciones, la fibra detergente neutra y la fibra detergente ácida. Esto se ideó para separar la "hemicelulosa" más fermentable de la celulosa menos digerible y la lignina, y fue una medida mucho mejor de la fibra en comparación con la fibra bruta.

Van Soest (16) reconoció que los valores de fibra bruta no eran representativos de los niveles reales de fibra de los alimentos. Hay dos tipos de fibra: una se conoce como Fibra Detergente Neutra (FDN) y otra como Fibra Detergente Ácida (FDA). Existe un grado de acuerdo entre los valores de FDN y los niveles totales de PNA para materias primas no leguminosas. Sin embargo, cuando se trata de leguminosas y semillas oleaginosas que son ricas en polisacáridos pécicos, el valor FDN se vuelve poco confiable porque no representa la mayoría, si no la totalidad, de PNA soluble presente en la alimentación. Esto significa que muchos de los polímeros pécicos, tales como galacturonanos, ramnogalacturonanos, arabinos y arabinogalacciones, no se contabilizarán. En la harina de soya, por ejemplo, hasta 35% de carbohidratos están presentes, de los cuales, aproximadamente 14% son azúcares solubles de bajo peso molecular, y 21% son PNA. Del PNA, entre el 5-7% son solubles (17). Los valores de FDN de la harina de soya oscilan entre el 7.4 y el 12.2% en base a materia seca o entre el 6.5 y el 10.7% sobre la base tal como (18). Esto sugiere que alrededor del 24-29% de los carbohidratos presentes en la harina de soya no son capturados por el proceso NDF. Por lo tanto, es difícil ver una gran relevancia del valor FDN para la nutrición animal monogástrica (1).

Los valores de FDN y FDA no representan ninguna entidad específica. La FDN se refiere a la porción insoluble de PNA más lignina, y ADF se refiere a una porción insoluble de PNA insoluble compuesta en gran parte, pero no exclusivamente, de celulosa y lignina. Por lo tanto, la siguiente aproximación se usa comúnmente para derivar el valor de hemicelulosa: $FDN - FDA = \text{hemicelulosa}$. El término hemicelulosa es una definición inexacta que surgió de un malentendido de que los componentes en las paredes celulares de las plantas solubilizados por álcalis eran precursores de la celulosa (19), que ahora se sabe que es incorrecta. De hecho, la

llamada hemicelulosa cubre arabinosilanos, β -glucanos mixtos, xiloglucanos, mananos, galactomananos, galactanos, arabinanos y cualquier otro polisacárido neutro distinto de la celulosa. Pero el término todavía es utilizado por la industria y la academia como si fuera una sola entidad química (1)

Los niveles elevados de fibra insoluble en la dieta acortan el tiempo de residencia de la digesta (20) y algunos argumentan que esto puede dar como resultado una baja digestibilidad de nutrientes. El razonamiento es que cuanto más tiempo se expone el alimento a los procesos digestivos en el intestino, más completa es la digestión (1). Esto ha resultado ser incorrecto, ya que la adición de fuentes de fibra insolubles al trigo de baja energía aumentó su valor de energía metabolizable para las aves de corral (21). En los últimos años, ha aumentado la evidencia para sugerir que la adición de materiales estructurales gruesos que consisten principalmente en fibra insoluble para las dietas avícolas mejora el desarrollo intestinal y, en algunos casos, la digestibilidad de los nutrientes (1).

La fibra insoluble en dietas monogástricas se ha considerado durante mucho tiempo como diluyente de nutrientes (22). La poca o ninguna degradación de la fibra insoluble en pollos resulta en un aumento del volumen de digerir en el tracto intestinal.

Algunos experimentos han demostrado que mientras la fibra insoluble se incluya en las dietas de aves de corral a concentraciones moderadas, el rendimiento de las aves no se verá afectado a pesar del hecho de que la concentración de nutrientes de la dieta es reducida (23, 24). Sin embargo, el mecanismo de formulación de dietas con niveles moderados de fibra insoluble no es bien conocido (23).

Existe evidencia de que, a niveles más altos de fibra insoluble en la dieta, se libera más mucina para proteger el epitelio del daño físico y la invasión microbiana de los animales (25). Además, se produce hipertrofia del tracto digestivo y aumento de células epiteliales de reemplazo (26).

La fibra insoluble influye en la motilidad intestinal, la velocidad del movimiento del quimo y podría mejorar el contacto de las enzimas digestivas y sus sustratos (27). Sarikhan et al. (28) utilizaron un producto comercial especial que contenía un 72,5% de fibra cruda insoluble (90,5% de fibra neutra detergente) diseñada como suplemento alimenticio para aves de corral.

Bajo las condiciones actuales de aumento del costo de ingredientes y costo del alimento final, justifica evaluar si aumentar el nivel de FDN es técnica y económicamente conveniente para reducir costo de la dieta pero que no afecte negativamente la respuesta productiva de gallinas de postura. En este sentido, es necesario determinar y precisar el valor o nivel de FDN en la dieta que mantenga dicha respuesta a un menor costo desde el punto de vista de mejora de la eficiencia alimenticia y energética.

Algunos experimentos han demostrado que mientras la fibra insoluble se incluya en las dietas de aves de corral a concentraciones moderadas, el rendimiento de las aves no se verá afectado a pesar del hecho de que la concentración de nutrientes de la dieta es reducida (23, 24).

Como se indicó anteriormente, el concepto de fibra cruda no es muy confiable, por lo tanto, es conveniente hacer las evaluaciones del concepto de FDN y determinar el nivel adecuado en la dieta considerando que ambos extremos de exceso o déficit afecta la fisiología digestiva, absorción, eficiencias y consecuentemente la respuesta productiva de las gallinas de postura comercial.

Es de importancia considerar que el nivel de fibra puede mejorar la digestión a través de aumentar el peso relativo de la molleja. La influencia de la fibra sobre la molleja está asociada a la estimulación mecánica de este órgano (2). Jeraci y Van Soest (29) consideraron que la FDN puede ser una medida importante para la caracterización de la fibra en la alimentación de las aves de corral en comparación con la FDA y Fibra cruda. El mecanismo de formulación de dietas con niveles moderados de fibra insoluble no es bien conocido (23).

En el proceso de formulación de dietas balanceadas se tendrá una mayor oportunidad de incluir ingredientes no convencionales que son fuentes importantes de FDN y a bajo costo, lo que permitirá considerar niveles de inclusión moderados de estos ingredientes alimenticios.

A pesar de la aversión histórica a la inclusión de fibra dietética en las dietas de las aves, cada vez hay más pruebas de que el uso de algunas formas y cantidades de fibra puede ser beneficioso para el huésped. Los beneficios principales incluyen una mayor digestibilidad de los nutrientes, una mejor salud y desarrollo intestinal, una reducción de los comportamientos caníbales y una mayor fermentación en el intestino posterior del sustrato no digerido. Sin embargo, el tipo, la forma y la cantidad de fibra dietética utilizada parecen ser un factor crucial, ya que las cantidades excesivas pueden contrarrestar cualquier efecto beneficioso. Con los continuos aumentos de costos de las materias primas y la tendencia hacia la reducción de los precios de la carne, no sorprende que la identificación de oportunidades para reducir los costos de producción sea una prioridad de la industria. Se ha demostrado que el uso de una cantidad limitada de fibra es beneficioso tanto para la salud de las aves como para el rendimiento productivo. Por lo general, las fuentes de fibra son económicas y, por lo tanto, existe el potencial para reducir los costos de producción (8).

En este sentido se planteó la hipótesis que las dietas con alto nivel de fibra detergente neutra y contenido de aceites mantiene la respuesta productiva y mejora el margen económico sobre costo de alimentación por kg de masa de huevo producido de gallinas de postura, por lo cual se realizó el estudio con el objetivo de determinar el efecto de dietas con alto nivel de fibra

detergente neutra sobre la respuesta productiva, calidad de huevo y margen económico de gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Nivel y tipo de investigación

Es una investigación aplicada de tipo experimental

2.2 Lugar y fecha de ejecución del experimento

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 Chíncha – Ica – Perú.

El periodo del experimento fue de 10 semanas. Se inicio en septiembre y culmino en noviembre del 2022

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 (30).

2.4 Materiales y equipo

a. Aves experimentales

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

Tamaño de muestra de gallinas:

Se utilizaron 60 gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown. El cálculo de la muestra se realizó utilizando el software G*Power (31):

Dónde:

Z_{α} = 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 (*) = ± 0.20 (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 (2021).

d = valor mínimo de la diferencia en la conversión alimenticia que se desea detectar = 0.22

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 de postura en cada grupo para detectar una diferencia mínima de 0.22 entre dos grupos, asumiendo que existen 3 grupos y una desviación estándar de 0.21. 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.

b. Jaulas

El material utilizado para cada casillero es malla metálica. Cada una de las unidades experimentales tiene un comedero y bebedero independiente para efectos de determinar el consumo del alimento y se confeccionaron registros para la toma de los datos de cada una de las variables evaluadas.

c. Equipos

- Equipo analizador de huevo: digital egg tester (DET 6500, NABEL - Japón)
- Balanza analítica

2.5 Etapa previa al experimento

En la etapa previa al experimento se realizaron diversas actividades con el propósito de uniformizar el lote de gallinas en las características de peso vivo corporal, producción de huevos, peso de huevo, masa de huevo y consumo de alimento.

2.6 Formulación de las dietas y alimentación

En el anexo (8.1) se presentan las tres dietas utilizadas que están formuladas de acuerdo con cada tratamiento. Se tomó como referencia las especificaciones nutricionales de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura DEKALB Brown.

Definición teórica de las dietas:

Dieta T1: es una dieta con un nivel de 12.5% de fibra detergente neutra. Es isocalórica y similar niveles de nutrientes que las otras dos dietas.

Dieta T2: es una dieta con un nivel de 13.5% de fibra detergente neutra. Es isocalórica y similar niveles de nutrientes que las otras dos dietas.

Dieta T3: es una dieta con un nivel de 14.5% de fibra detergente neutra. Es isocalórica y similar niveles de nutrientes que las otras dos dietas.

Para la elaboración de las fórmulas de las dietas alimenticias se utilizó el Software de formulación Animal Feed Optimization Software AFOS (32) y el LP máxima rentabilidad (33).

La alimentación fue *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:

Variable independiente:

Niveles de fibra detergente neutra en la dieta. Se utilizaron 3 niveles de FDN: 12.5, 13.5 y 14.5%

Variables dependientes:

a. Consumo de alimento: se midió 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 están en 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 Kcal 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 están 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.

h. Test de Unidad Haugh

Se determinó de acuerdo con la metodología de Eisen *et al.* (34), que considera la siguiente ecuación:

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

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

Procedimiento: Se utilizó el equipo analizador de huevo DET-6500 (NABEL – 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 del total de masa de huevo producido menos el costo de alimentación para dicha masa de huevo producido.

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

2.9 Diseño de la investigación experimental

Las gallinas de postura y los tratamientos fueron distribuidos 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). Se utilizaron 60 gallinas por tratamiento, con un total de 60 aves.

Modelo matemático

Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

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

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

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

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

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

2.10 Tratamientos

T-1: Dieta con nivel bajo de FDN (12.5%)

T-2: Dieta con nivel intermedio de FDN (13.5%)

T-3: Dieta con nivel alto de FDN (14.5%)

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 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: consiste en el registro de 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 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) (35). 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 (36).

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 (36).

Se utilizó el procedimiento LSMEANS para calcular las medias del tratamiento y se utilizó la opción PDIF de SAS para separar las medias si la diferencia fue significativa (36).

Se realizaron análisis de comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey para evaluar la diferencia entre los grupos cuando se encuentre diferencias estadísticas significativas (36).

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

III.1 Respuesta productiva

Como se observa en la tabla 1, el consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y eficiencia energética (conversión calórica) no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) por los tres niveles de FDN de la dieta.

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

Nivel de FDN	Consumo alimento (g/gallina/día)	Conversión alimenticia (Kg/Kg)	Eficiencia energética (Mcal/Kg)
FDN 12.50 %	121.61 $\pm$ 4.38	1.97 $\pm$ 0.04	5.52 $\pm$ 0.13
FDN 13.50 %	126.67 $\pm$ 5.15	2.01 $\pm$ 0.05	5.63 $\pm$ 0.16
FDN 14.50%	126.73 $\pm$ 4.71	2.07 $\pm$ 0.07	5.80 $\pm$ 0.21
Probabilidad			
P-value	0.1079	0.1356	0.1356

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

En la tabla 2 se muestra que la producción de huevos, peso y masa de huevo no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) por los tres niveles de FDN de la dieta.

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

Nivel de FDN	Producción huevos (%)	Peso huevo (g)	Masa huevo (g/día)
--------------	-----------------------------	----------------------	--------------------------

FDN 12.50 %	95.99 ±1.90	64.44 ±2.54	61.91 ±2.64
FDN 13.50 %	97.07 ±2.44	65.02 ±2.41	63.06 ±3.49
FDN 14.50%	96.42 ±2.00	63.65 ±1.62	61.49 ±2.25
Probabilidad			
P-value	0.6350 ¹	0.5443 ²	0.6100 ²

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

III.2 Calidad de huevo

En la tabla 3 se muestra que las características de calidad de huevo como la unidad Haugh, peso de yema y porcentaje de yema no fueron afectados significativamente (P>0.05) por los tres niveles de FDN de la dieta.

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

Nivel de FDN	Unidad Haugh (u)	Peso yema (g)	Porcentaje yema (%)
FDN 12.50 %	92.65 ±2.11	15.34 ±0.76	23.11 ±1.08
FDN 13.50 %	89.17 ±3.39	15.55 ±1.28	23.39 ±1.06
FDN 14.50%	90.73 ±5.20	15.00 ±0.95	23.12 ±0.93
Probabilidad			
P-value	0.2894 ¹	0.7263 ²	0.8106 ¹

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

En la tabla 4 se muestra que el índice de yema de huevo no fue afectado significativamente (P>0.05) por los tres niveles de FDN de la dieta. El color de yema fue afectado significativamente (P<0.05). A mayor contenido de FDN (T-3) el color de yema fue menor estadísticamente.

Tabla 4. Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre índice de yema y color de yema de huevo de gallinas de postura (±DE)

Nivel de FDN	Índice	Color
---------------------	---------------	--------------

	yema (r)	yema (score)
FDN 12.50 %	0.46 ±0.03	7.32 ^a ±0.36
FDN 13.50 %	0.44 ±0.01	7.24 ^a ±0.45
FDN 14.50%	0.46 ±0.01	6.68 ^b ±0.22
Probabilidad		
P-value	0.3296	0.0375

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

III.3 Evaluación económica

En la tabla 5 se muestra que el menor costo de alimentación (S/Kg de masa de huevo) fue alcanzado por el nivel más bajo de FDN. El más alto margen sobre costo de alimentación de la producción total de masa de huevo/gallina y más alta retribución económica fue alcanzado por el nivel de 13.50 % de FDN.

Tabla 5. Efecto de diferentes niveles de FDN en la dieta sobre el costo de alimentación, margen sobre costo y retribución económica de gallinas de postura

Nivel de FDN	Costo alimentación (S/Kg masa)	Margen sobre costo (S/)	Retribución económica (%)
FDN 12.50 %	4.074	10.520	99.74
FDN 13.50 %	4.114	10.546	100.00
FDN 14.50%	4.191	9.944	94.28

Precio de venta de huevo= S/ 6.50/Kg. El margen está referido al diferencial del ingreso bruto (S/) por el total de masa producido menos el costo de alimentación por dicho total de masa producido por gallina durante el periodo experimental.

IV. DISCUSION

De acuerdo con los resultados obtenidos, los niveles de fibra detergente neutra (FDN) en la dieta que estuvieron en el rango 12.50% a 14.50% no tuvieron un efecto significativo ($P>0.05$) sobre la respuesta productiva y calidad de huevo, a excepción del color de yema que fue significativamente más intenso con los niveles de 12.5 y 13.5% de FDN.

Es necesario indicar que los valores de FDN de los ingredientes alimenticios utilizados para elaborar las fórmulas alimenticias se tomó de la Tabla de Brasil (37). Las dietas se caracterizaron por algunos aspectos que se debe precisar y considerar en esta discusión. El nivel de inclusión de maíz fue de 61.95% para el nivel más bajo de FDN hasta 52.38% para el nivel más alto de FDN. El subproducto de trigo, que fue la fuente principal de fibra tuvo un nivel de inclusión de 1.56 a 9.9%, así como un incremento de inclusión de aceite desde 1 a 2.63%, mientras que el nivel de fibra cruda de 2.27 a 2.88% en dietas desde bajo a alto nivel de FDN respectivamente. Las dietas fueron isocalóricas (2800 Kcal/Kg) y similares en los nutrientes principales. Sin embargo, el nivel de extracto etéreo (lípidos) fue más alto en la dieta con alto nivel de FDN.

Si la respuesta productiva y calidad de huevo se mantuvieron constante con el aumento de fibra en la dieta, nos indica que las gallinas de postura se adaptan fisiológicamente a niveles altos de FDN, sin embargo, el nivel intermedio (13.50%) sería el más conveniente desde el punto de vista económico ya que se logra un mayor margen sobre costo de alimentación por la masa de huevo producido y una mejor retribución económica.

Pocos estudios se reportan en la literatura científica sobre evaluaciones de fibra detergente neutra en gallinas de postura. Existe un poco más de información, aunque también escasa, sobre fibra cruda y quizás porque anteriormente no se le daba la importancia debida. En las dietas de gallinas de postura es común observar niveles alrededor de 3% de fibra cruda. Muchos estudios informan efectos perjudiciales cuando la inclusión de fibra alcanza niveles superiores al ~ 10%,

y la mayoría de los beneficios parecen encontrarse con tasas de inclusión de alrededor del 5-7%. Con los continuos aumentos de costos de las materias primas y la tendencia hacia la reducción de los precios de la carne, no sorprende que la identificación de oportunidades para reducir los costos de producción sea una prioridad de la industria. Se ha demostrado que el uso de una cantidad limitada de fibra es beneficioso tanto para la salud de las aves como para el rendimiento productivo (8).

Realizar evaluaciones de estrategias para mejorar la respuesta productiva de las gallinas de postura para una mayor longevidad del ciclo de postura, así como una mayor persistencia que se traduzca en un mayor número de masa de huevo/gallina/alojada. Estas consideraciones requieren darle todas las condiciones a la gallina de postura como un buen desarrollo de órganos, como es el caso del hígado que es el órgano principal para sostener la producción de huevos. En este sentido es necesario prolongar el período de producción mejorando la producción y la calidad del huevo en gallinas ponedoras de edad avanzada para aumentar los beneficios económicos y la sostenibilidad en la industria de ponedoras (38).

El nivel de energía metabolizable está relacionado al nivel de FDN de la dieta. Cuando aumenta el nivel de FDN el nivel de EM tiende a disminuir y viceversa. Las dietas con alta EM generalmente tienen un mayor contenido de maíz (60%) puede tener un efecto perjudicial sobre la actividad hepática como factor predisponente para desencadenar un problema de hígado graso. Un estudio de Han et al. (39) quienes evaluaron el efecto de las concentraciones de EM y FDN sobre el rendimiento productivo, la calidad del huevo, la incidencia de hígado graso y el metabolismo de los ácidos grasos hepáticos en gallinas ponedoras de edad avanzada (75 semanas de edad) de la línea Hy-Line Brown. Ellos evaluaron 2 niveles de EM, 2730 y 2680 kcal/ kg] y 2 niveles de FND (9,01 y 9,61 %; dietas normales y bajas en EM, respectivamente) y alto (12,57 y 13,42 %; dietas normales y bajas en EM, respectivamente) en la dieta. Los resultados que encontraron para los efectos principales, fue que el aumento de las concentraciones de FDN o EM en la dieta redujo ($P < 0,05$) las concentraciones de grasa hepática con expresiones decrecientes en varios genes relacionados con la síntesis de ácidos grasos, concluyendo que el aumento de las concentraciones de FDN en las dietas con EM recomendadas comercialmente (2730 Kcal/Kg) disminuye las concentraciones de grasa hepática en gallinas ponedoras de edad avanzada y, por lo tanto, puede tener un efecto preventivo sobre el desarrollo del hígado graso en gallinas ponedoras de edad avanzada. Cabe destacar que la dieta que utilizaron en el estudio de Han et al (39) tenían 63% de maíz en el caso del bajo nivel de FDN y de 53% de maíz en el caso del alto nivel de FDN si comparamos esos niveles de inclusión de maíz con nuestro estudio, son casi similares ya que nuestras dietas con bajo nivel de FDN incluían 61.95% de maíz y la dieta con mayor nivel de FDN contenían 52% de maíz, valores muy cercanos por lo que, bajo las condiciones de nuestro estudio se podría asumir este

efecto beneficioso de prevenir el desarrollo de hígado graso, sin embargo, se tendría que hacer estudios complementarios que incluya análisis del hígado para demostrar esta asunción. Las gallinas ponedoras de edad avanzada son más propensas a problemas de hígado graso que las gallinas ponedoras más jóvenes (40).

La disminución del nivel de maíz en la dieta debe ir acompañado de la inclusión de aceite para mejorar la respuesta hepática. El aumento de las concentraciones de grasa como reemplazo de los carbohidratos en las dietas reduce la retención de grasa hepática en gallinas ponedoras, posiblemente a través de mecanismos de retroalimentación (41). Altos niveles de fibra en la dieta, las aves son capaces de cambiar el metabolismo y las características del tracto gastrointestinal para mejorar el uso de los nutrientes (42).

El estudio de Braz et al. (5), usando niveles crecientes de FDN (14.5, 16.5 y 18.5%) en raciones para aves en crecimiento (7 a 17 semanas de edad), observaron un aumento en el peso intestinal en aves alimentadas con raciones con mayor contenido de FDN. Bajo las condiciones del presente estudio no se realizaron evaluaciones de peso relativo de órganos.

La inclusión de fibra en las dietas de las aves se recomienda para mantener una baja densidad energética y funciones fisiológicas sobre el tracto digestivo, proporcionando control sobre el consumo de alimento y la absorción de nutrientes, y su deposición sobre los huevos (5). En el caso de nuestro estudio, se utilizó un nivel de 2800 Kcal de EM/Kg que es un valor que está dentro de lo recomendado para la línea Dekalb Brown (2775 a 2875 Kcal/Kg) en la primera fase de producción (2% a 50 semanas de edad). Dado que las gallinas de postura actuales responden muy bien a dietas de baja densidad energética, hay la necesidad de reevaluar niveles más bajo de EM con alta y bajo nivel de FDN para ver su efecto sobre los indicadores productivos y lo más importante sobre el costo de alimentación.

Las grandes variaciones en los niveles de fibra aplicados a las dietas de las aves pueden tener efectos tanto positivos como negativos, donde los niveles moderados tienden a ser la mejor recomendación (43).

Los efectos de la fibra en las aves son variables que puede ser causados por la interacción entre el tipo y contenido de fibra (soluble e insoluble), la edad de las aves y la calidad nutricional de los polisacáridos no amiláceos, haciendo que la fibra actúe de diferentes formas sobre el metabolismo de las aves (44; 45)

Por otro lado, el aumento de los niveles de fibra tiende a aumentar la viscosidad intestinal y disminuir el área de contacto de las enzimas con el alimento, provocando interferencia en la tasa de paso y disminuyendo el uso de nutrientes de acuerdo al fitness de las gallinas (46, 47).

La fibra actúa como una barrera física, impidiendo que las enzimas accedan al contenido nutricional de las células vegetales, reduciendo la digestión y aumentando el tamaño del tracto gastrointestinal de las gallinas (48; 3).

Un gran aumento del nivel de fibra o de su período de acción puede elevar la viscosidad en el intestino, disminuyendo el área de contacto de las enzimas, interfiriendo en la velocidad de paso, resultando en un menor uso de los nutrientes y peor rendimiento (46).

Un aumento en la fibra dietética también podría aumentar la producción de saliva, jugos gástricos y pepsina. Sin embargo, estos efectos también dependen del área del tracto gastrointestinal analizada, debido a que el duodeno realiza una función diferente a la del yeyuno y el íleon (49).

La fibra juega un rol importante en la salud intestinal, ayudando al balance microbiano benéfico y patógeno, y presentando beneficios en comparación con los prebióticos comerciales (26).

El uso de alimentos con una gran cantidad de fibra tiende a aumentar la viscosidad intestinal debido a que la fracción de fibra es rica en polisacáridos solubles no amiláceos, como los arabinosilanos, lo que puede causar una inhibición general de la digestión de los alimentos, afectando la digestibilidad de carbohidratos, grasas y proteínas, lo que afecta directamente el rendimiento y la calidad del huevo (50, 47).

Cada vez más hay estudios que prueban los beneficios de la fibra que incluyen una mayor digestibilidad de los nutrientes, una mejor salud y desarrollo intestinal, una reducción de los comportamientos caníbales y una mayor fermentación en el intestino posterior del sustrato no digerido. Sin embargo, el tipo, la forma y la cantidad de fibra dietética utilizada parecen ser un factor crucial, ya que las cantidades excesivas pueden contrarrestar cualquier efecto beneficioso (8).

Respecto al tipo de fibra tenemos la fibra insoluble y la parte soluble, y se requiere una proporción adecuada de ambas para mantener una respuesta favorable. La proporción de fibra insoluble a soluble en una fuente de fibra dietética puede afectar la utilización general de la dieta y parece ser importante en la formulación de dietas para proporcionar una eficacia óptima (51). La fibra soluble puede tener efectos significativos sobre el microbioma, lo que da como resultado una mayor producción de SCFA, lo que podría producir un ahorro de energía y efectos antimicrobianos (8). Las fibras solubles aumentan la viscosidad y afectan negativamente la digestión y absorción de nutrientes (52).

La inclusión de formas insolubles de fibra parece tener efectos beneficiosos sobre la consistencia de los excrementos, la higiene de los huevos, la calidad de la cama, el aumento de la tasa de tránsito del TGI y la reducción del picoteo de plumas y el canibalismo. Tanto las

formas de fibra solubles como las insolubles parecen desempeñar un papel en la mejora de la digestibilidad de los nutrientes (8). La fibra insoluble puede afectar el tiempo de tránsito intestinal de la digesta, la motilidad intestinal del epitelio y puede mejorar la capacidad de las enzimas endógenas para acceder con éxito a sus sustratos relacionados (53).

El tipo de fibra tiene relación con órganos que están comprometidos con el proceso de digestión, como es el caso de la molleja. Existe amplia evidencia de que la inclusión de fibra insoluble puede ayudar a mejorar el desarrollo y la función de la molleja, lo que a menudo resulta en una reducción del pH del tracto gastro intestinal (GIT), lo que permite una mayor degradación de los nutrientes, y estén disponibles para la absorción. Estos cambios sugieren que el uso de mayores cantidades de insolubles y fibra soluble, puede tener el potencial de apoyar una mayor persistencia de la puesta, donde problemas como la mala salud intestinal, la reducción de la resistencia de la cáscara del huevo y el problema del bienestar a largo plazo como resultado del picoteo de plumas y el canibalismo se combinan para reducir la duración de los ciclos de puesta (8).

Finalmente, respecto a la evaluación económica, se encontró que con el nivel intermedio de FDN (13.50%) se logró el máximo margen sobre costo de alimentación por el total de masa de huevo producido por cada gallina durante el periodo del estudio.

V. CONCLUSIONES

- V.1** Los niveles de fibra detergente neutra de la dieta no afectaron los indicadores de respuesta productiva de las gallinas de postura
- V.2** Los niveles de fibra detergente neutra de la dieta no afectaron los principales indicadores de calidad de huevo de las gallinas de postura
- V.3** El color de la yema de huevo fue más alto para los niveles bajos de fibra detergente neutra
- V.4** El margen y retribución económica fue mejor para el nivel intermedio de FDN

VI. RECOMENDACIONES

- VI.1** Continuar con la línea de investigación en fibra detergente neutra utilizando valores más amplios y relacionarlos con el costo de alimentación
- VI.2** En próximos estudios se debe considerar la evaluación de la salud intestinal y hepática
- VI.3** Diseñar pruebas sobre fibra detergente neutra considerando diferentes fuentes no convencionales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Choct M. Fibre - Chemistry and Functions in Poultry Nutrition. LII Simposio científico de Avicultura, Malaga 28-30 de octubre, 2015.
2. González-Alvarado JM, Jimenez-Moreno E, González-Sanchez D, Lazaro R, Mateos GG. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science and Technology*. 2010; 162(1-2): 37-46. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2010.08.010
3. Mateos GG, Jiménez-Moreno E, Serrano MP, Lázaro RP. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*. 2012; 21(1): 156-174. doi: 10.3382/japr.2011-00477
4. Bedford MR. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Animal Feed Science and Technology*. 1995; 53:145-155.
5. Braz NM, Freitas ER, Bezerra R, Cruz CEB, Farias NNP, Silva NM, Xavier RPS. Fiber in growth ration and its effects on performance of laying hens during the growing and laying phases. *Brazilian Journal of Animal Science*. 2011; 40(12): 2744-2753. doi: 10.1590/S1516-35982011001200019
6. Longe OG. Effects of increasing the fibre content of a layer diet. *British Poultry Science*. 1984; 25: 187-193. doi: 10.1080/00071668408454857

7. Lee KW, Everts HJ, Kappert M, Frehner M, Losa R, Beyen AC. "Effects of Dietary Essential Oil Components on Growth Performance, Digestive Enzymes and Lipid Metabolism in Female Broiler Chickens." *British Poultry Science*. 2003; 44 (3):450–457. doi:10.1080/0007166031000085508
8. Desbruslais A, Wealleans A, Gonzalez-Sanchez D, di Benedetto M. Dietary fibre in laying hens: a review of effects on performance, gut health and feather pecking. *World's poultry science journal*. 2021; 77(4): 797–823. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1960236>
9. Blas, HH. Evaluación de diferentes niveles de fibra cruda en la dieta y su efecto sobre el comportamiento productivo de gallinas de postura comercial en la segunda fase de producción. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"- Perú, 112 p.
10. Abdallah AG, Beshara MM, Rizk YS. Effect of different levels and sources of dietary fiber on productive and economic performance of local laying hens 2- during laying period. *Egypt. Poult. Sci*. 2016; 36(I): 97-120
11. AACC. 2001. "Cereal Foods World." 46, 112–126
12. Albersheim P, Darvill AG, Davis KR, Lau JM, McNeil M, Sharp JK, York WS. Why study the structure of biological molecules? In: W.M. Dugger and S. Bartnicki-Garcia (Editors), *Structure, Function and Biosynthesis of Plant Cell Walls*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD. 1984; pp. 19-51.
13. Henneberg W, Stohmann F. Über das Erhaltungsfutter volljährigen Rindviehs. *Journal der Landwirtschaft*. 1859; 3: 485–551.
14. Turner ND, Lupton JR. Nutrition information. *American Society of Nutrition. Adv. Nutr.* 2011; 2: 151-152.
15. Augustyn R, Barteczko J. Effect of crude, detergent or dietary fibre in wheat grain cultivars on pH and intestinal viscosity in broiler chickens. *Agricultural University of Cracow, Department of Animal Nutrition, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Cracow, Poland. Ministry of Education and Science*. 2006; Grant No. 2PO6Z 046 29.
16. Van Soest PJ. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibre residues of low nitrogen content. *AOAC Journal*. 1963; 46: 825–829.
17. Henneberg W, Stohmann F. Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer I & II. *Braunschweig*. 1860.
18. Choct M, Dersjant-Li, McLeish J, Peisker M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2010; 23: 1386-1398.

19. Van Eys JE, Offner A, Bach A. Chemical analysis. Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry. American Soybean Association. 2004. <http://www.slideshare.net/drvasuc/manual-of-quality-analysis-soya-products>.
20. Stephen AM, Cummings JH. Water-holding by dietary fibre in vitro and its relationship to faecal output in man. *Gut*. 1979; 20: 722-729.
21. Kirwan WO, Smith AN, McConnell AA, Mitchell WD, Eastwood MA. Action of different bran preparations on colonic functions. *British Medical Journal*. 1974; 4: 187-189.
22. Rogel AM. The digestion of wheat starch in broiler chickens. PhD Thesis. 1985. University of Sydney, Camden, Australia.
23. Rogel AM, Balnave D, Bryden WL, Annison EF. The digestion of wheat starch in broiler chickens. *Australian J. Agr. Research*. 1987; 38: 639-649.
24. Hetland H, Svihus B. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British Poult. Sci*. 2001; 42: 354-361.
25. Hetland H, Svihus B, Olaisen V. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. *British Poult. Sci*. 2002; 43: 416-423.
26. Montagne L, Pluske JR, Hampson DJ. A review of interactions between fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Tech*. 2003; 108: 95–117.
27. Jimenez-Moreno E, Gonzalez-Alvaredo JM, Gonzalez-Serrano D, Lazaro R, Mateos, GG. Effect of type and particale size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Sci*. 2010;89: 2197–2212.
28. Sarikhan M, Shahryar HA, Gholizadeh B, Hosseinzadeh MH, Beheshti B, Mahmoodnejad A. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *Int. J. Agric. Biol*. 2010; 12: 531–536.
29. Jeraci JL, Van Soest PJ. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 1990; 270:245-263.
30. FONAGRO. Información meteorológica diaria de la estación. Chíncha. SENAMHI. Dirección Regional de Ica. 24 p. 2019.
31. G-POWER 3.1. Software statistic. 2022
32. AFOS. Animal Feed Optimization Software. 2022
33. Guevara VR. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*. 2004; 83 (1): 147 151.
34. Eisen EJ, Bohren BB, y McKean HE. *Poultry Science*. 1962; 41: 1461 – 1468.

35. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User's Guide: Statistics. Version 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2021
36. Salvador TE. Curso de Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". 2021.
37. Rostagno et al. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 4a Edición. 2017. Universidad Federal de Viçosa Departamento de Zootecnia. 488 p.
38. England A, Ruhnke I. The influence of light of different wavelengths on laying hen production and egg quality, *World's Poultry Science Journal*. 2020; 76(3): 443-458, DOI: 10.1080/00439339.2020.1789023
39. Han GP, Kim DY, Kim KH, Kim JH, Kil DY. Effect of dietary concentrations of metabolizable energy and neutral detergent fiber on productive performance, egg quality, fatty liver incidence, and hepatic fatty acid metabolism in aged laying hens. *Poultry Science*. 2023; 102:102497
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102497>
40. Dong X, Tong J. Different susceptibility to fatty liver-haemorrhagic syndrome in young and older layers and the interaction on blood LDL-C levels between oestradiols and high energy-low protein diets, *British Poultry Science*. 2019; 60(3): 265-271. DOI: 10.1080/00071668.2019.1571164
41. Haghighi-rad F, Polin D. Lipid Alleviates Fatty Liver Hemorrhagic Syndrome^{1,2}, *Poultry Science*. 1982; 61(12): 2465-2472, ISSN 0032-5791.
<https://doi.org/10.3382/ps.0612465>
42. Sousa LS, Carvalho TSM, Nogueira FA, Saldanha MM, Vaz DP, Bertechini AG, Baião NC, Lara LJC. Fiber source and xylanase on performance, egg quality, and gastrointestinal tract of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019; 48: e20170286. <https://doi.org/10.1590/rbz4820170286>
43. Rufino JPF, Cruz FGG, Brasil RJM, Oliveira Filho PA, Melo RD, Feijo JC. Relationship between the level and the action period of fiber in diets to laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2021; 43(1), e49033. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.49033>
44. Mohiti-Asli M, Shivazad M, Zaghari M, Rezaian M, Aminzadeh S, Mateos GG. Effects of feeding regimen, fiber inclusion, and crude protein content of the diet on performance and egg quality and hatchability of eggs of broiler breeder hens. *Poultry Science*. 2012; 91(12): 3097-3106. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02282>
45. Mtei AW, Abdollahi MR, Schreurs N, Girish CK, Ravindran V. Dietary inclusion of fibrous ingredients and bird type influence apparent ileal digestibility of nutrients and

- energy utilization. Poultry Science. 2019; 98(12), 6702-6712. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez383>
46. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. New York, NY: Cornell University Press. 1994
 47. Rufino JPF, Cruz FGG, Oliveira Filho PA, Melo RD, Feijó JC, Melo LD. Fibra alimentar em dietas para aves – uma revisão. Revista Científica de Avicultura e Suinocultura. 2017; 3(2): 33-42.
 48. Kalmendal R, Elwinger K, Holm L, Tauson R. High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. British Poultry Science. 2011; 52(1): 86-96. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.547843>
 49. Incharoen T, Maneechote P. The effects of dietary whole rice hull as insoluble fiber on the flock uniformity of pullets and on the egg performance and intestinal mucosa of laying hens. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2013; 8(4): 323-329. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.323.329>
 50. Freitas ER, Braz NM, Watanabe PH, Cruz CEB, Nascimento GAJ, Bezerra RM. Fiber level for laying hens during the growing phase. Ciência e Agrotecnologia. 2014; 38(2), 188-198. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200010>
 51. Burhalter TM, Merchen NR, Bauer LL, Murray SM, Patil AR, Brent JL, Fahey GC. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affect ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. J. Nutr. 2001; 131: 1978–1985.
 52. Smits CHM, Annison G. Nonstarch polysaccharides in broiler nutrition: towards a physiological valid approach to their determination. Wolrd's Poult. Sci. J. 1996; 52: 203-221.
 53. Choct M, Cadogan DJ. How effective are supplemental enzymes in pig diets? In: Manipulating Pig Production VIII (Ed. P. D. Cranwell. Adelaide, South Australia. 2001; pp. 240-247.

VIII. ANEXO:

VIII.1 FÓRMULAS DE LAS DIETAS UTILIZADAS

T-1 12.5% FDN

Plant: GALLINAS

Batch Size (USD/kg): 40.0000

Cost in USD/kg: 2.0733

Batch Cost (in USD): 82.9307

 Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min (%)	Max (%)	Usage (%)	Batch(kg)	Cost (USD)	Shadow
MAIZ	1.84			61.9518	24.7807	45.5965	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.66			22.8222	9.1289	24.2828	
CARBONATO DE CALCIO	0.25	6.5	6.5	6.5	2.6	0.65	

GRUESO							
CARBONATO DE CALCIO							
FINO	0.25			2.0554	0.8222	0.2055	
SP DE TRIGO	0.99			1.5632	0.6253	0.619	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46		5	1.5603	0.6241	1.5353	
MONTAFOS (P monodicalcico)							
21	6.55			1.5129	0.6052	3.9638	
ACEITE DE SOYA FEDNA	4.5	1		1	0.4	1.8	
SAL COMUN	0.5			0.2543	0.1017	0.0509	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.1	0.48	
DL METIONINA	20.5			0.1725	0.069	1.4147	
CLORURO DE COLINA 60%	7.5			0.1374	0.055	0.4121	
PREMEZCLA MIN+VIT							
POSTURA	23.5	0.12	0.12	0.12	0.048	1.128	
SECUESTRANTE							
MICOTOXINAS	19.8	0.1	0.1	0.1	0.04	0.792	
40.000							

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.0979	
Alanina T	2	%			0.9322	
Almidón	3	%			41.3007	
Arginina SID	4	%	0.77		1.0161	
Arginina T	5	%			1.1006	
Asp T	6	%			1.0053	
BED	7	mEq/ Kg			202.5855	
Calcio	8	%	3.57	3.57	3.57	-0.0487
Ceniza	9	%			2.3836	
Cloro	10	%			0.2409	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.242	
Cystina T	13	%			0.2868	

EMetab. postura	20	kcal/kg	2800		2800	
					2270.606	
ENeta postura		kcal/kg			7	
Extracto etereo	24	%			4.3533	
FDA	25	%			4.1002	
FDN	26	%	12.5	12.5	12.5	-0.0382
Fenylalanina SID	27	%			0.7626	
Fenylalanina T	28	%			0.8445	
Fibra cruda	29	%			2.2736	
Glu T	30	%			1.6466	
Gly + Ser T	31	%			1.6155	
Glycina T	32	%			0.7217	
Histidina SID	33	%			0.4154	
Histidina T	34	%			0.463	
Isoleucina SID	35	%	0.59		0.6377	
Isoleucina T	36	%			0.7114	
Leucina SID	38	%			1.4078	
Leucina T	39	%			1.535	
Lysina SID	40	%	0.74		0.762	
Lysina T	41	%			0.8616	
Materia seca	42	%			89.8359	
Met + Cys T	43	%			0.7244	
Met + Cys SID	44	%	0.64		0.6607	
Methionina SID	45	%	0.41		0.41	0.1738
Methionina T	46	%			0.4292	
P Dig cvb	47	%			0.3667	
P Dig FEDNA	48	%			0.3762	
P disponible	49	%	0.39		0.39	0.2467
P fitico	50	%			0.2109	
P total	51	%			0.624	
PNA	53	%			13.3813	
Potasio	54	%			0.6599	
Prolina T	55	%			1.0077	
Proteina cruda	56	%	16.4		16.4	0.0185
Serine T	57	%			0.8939	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	-0.0403
Threonina SID	59	%	0.52		0.5822	
Threonina T	60	%			0.6564	

Tryptophano SID	61	%	0.17		0.1818	
Tryptophano T	62	%			0.1992	
Tyrosine T	63	%			0.6066	
Valina SID	64	%	0.65		0.7097	
Valina T	65	%			0.8106	

T-2 13.5% FDN

Plant: GALLINAS

Batch Size (USD/kg): 40.0000

Cost in USD/kg: 2.0463

Batch Cost (in USD): 81.8534

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min (%)	Max (%)	Usage (%)	Batch(kg)	Cost (USD)	Shadow
MAIZ	1.84			57.3002	22.9201	42.1729	

TORTA DE SOYA, 46.50	2.66			19.5464	7.8186	20.7974
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25	6.5	6.5	6.5	2.6	0.65
SP DE TRIGO	0.99			5.5635	2.2254	2.2031
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46		5	5	2	4.92
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.0608	0.8243	0.2061
ACEITE DE SOYA FEDNA	4.5	1		1.5125	0.605	2.7224
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.4864	0.5945	3.8943
SAL COMUN	0.5			0.2525	0.101	0.0505
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.1	0.48
DL METIONINA	20.5			0.1756	0.0703	1.4403
CLORURO DE COLINA 60%	7.5			0.1321	0.0529	0.3964
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	23.5	0.12	0.12	0.12	0.048	1.128
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8	0.1	0.1	0.1	0.04	0.792

40.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.6433	
Alanina T	2	%			0.9163	
Almidón	3	%			39.5572	
Arginina SID	4	%	0.77		1.0206	
Arginina T	5	%			1.1013	
Asp T	6	%			0.9898	
BED	7	mEq/Kg			207.1464	
Calcio	8	%	3.57	3.57	3.57	0.0051
Ceniza	9	%			2.4796	
Cloro	10	%			0.2371	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	

Cystina SID	12	%			0.2399	
Cystina T	13	%			0.288	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2800		2800	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2282.635	
Extracto etereo	24	%			5.3758	
FDA	25	%			4.5691	
FDN	26	%	13.5	13.5	13.5	-0.0135
Fenylalanina SID	27	%			0.7523	
Fenylalanina T	28	%			0.8357	
Fibra cruda	29	%			2.5939	
Glu T	30	%			1.653	
Gly + Ser T	31	%			1.6083	
Glycina T	32	%			0.7262	
Histidina SID	33	%			0.4098	
Histidina T	34	%			0.4597	
Isoleucina SID	35	%	0.59		0.6301	
Isoleucina T	36	%			0.7045	
Leucina SID	38	%			1.3744	
Leucina T	39	%			1.5033	
Lysina SID	40	%	0.74		0.7546	
Lysina T	41	%			0.8593	
Materia seca	42	%			89.9246	
Met + Cys T	43	%			0.7266	
Met + Cys SID	44	%	0.64		0.6586	
Methionina SID	45	%	0.41		0.41	0.1635
Methionina T	46	%			0.4308	
P Dig cvb	47	%			0.3703	
P Dig FEDNA	48	%			0.3785	
P disponible	49	%	0.39		0.39	0.3056
P fitico	50	%			0.2205	
P total	51	%			0.6438	
PNA	53	%			14.8339	
Potasio	54	%			0.6883	
Prolina T	55	%			1.0045	
Proteina cruda	56	%	16.4		16.4	0.0296

Serine T	57	%			0.8821	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	0.0112
Threonina SID	59	%	0.52		0.5743	
Threonina T	60	%			0.6509	
Tryptophano SID	61	%	0.17		0.1827	
Tryptophano T	62	%			0.2011	
Tyrosine T	63	%			0.5974	
Valina SID	64	%	0.65		0.7021	
Valina T	65	%			0.8061	

T-3 14.5% FDN

Plant: GALLINAS

Batch Size (USD/kg): 40.0000

Cost in USD/kg: 2.0329

Batch Cost (in USD): 81.3143

 **Composition Chart**

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min (%)	Max (%)	Usage (%)	Batch(kg)	Cost (USD)	Shadow
MAIZ	1.84			52.3831	20.9532	38.5539	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.66			18.936	7.5744	20.1479	
SP DE TRIGO	0.99			9.9896	3.9958	3.9559	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25	6.5	6.5	6.5	2.6	0.65	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46		5	5	2	4.92	
ACEITE DE SOYA FEDNA	4.5	1		2.6395	1.0558	4.7511	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.0629	0.8252	0.2063	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.4573	0.5829	3.8182	
SAL COMUN	0.5			0.2518	0.1007	0.0504	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.1	0.48	
DL METIONINA	20.5			0.1791	0.0716	1.4683	
CLORURO DE COLINA 60%	7.5			0.1308	0.0523	0.3924	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	23.5	0.12	0.12	0.12	0.048	1.128	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8	0.1	0.1	0.1	0.04	0.792	

40.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			3.2207	
Alanina T	2	%			0.902	
Almidón	3	%			37.7109	
Arginina SID	4	%	0.77		1.0236	
Arginina T	5	%			1.1049	
Asp T	6	%			0.9747	

BED	7	mEq/Kg			211.6463	
Calcio	8	%	3.57	3.57	3.57	0.0051
Ceniza	9	%			2.5928	
Cloro	10	%			0.2348	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2391	
Cystina T	13	%			0.2883	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2800		2800	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2295.7607	
Extracto etereo	24	%			6.4441	
FDA	25	%			4.9459	
FDN	26	%	14.5	14.5	14.5	-0.0135
Fenylalanina SID	27	%			0.7425	
Fenylalanina T	28	%			0.827	
Fibra cruda	29	%			2.8841	
Glu T	30	%			1.6586	
Gly + Ser T	31	%			1.6058	
Glycina T	32	%			0.732	
Histidina SID	33	%			0.4046	
Histidina T	34	%			0.4571	
Isoleucina SID	35	%	0.59		0.6219	
Isoleucina T	36	%			0.6982	
Leucina SID	38	%			1.3384	
Leucina T	39	%			1.47	
Lysina SID	40	%	0.74		0.7483	
Lysina T	41	%			0.8556	
Materia seca	42	%			90.0124	
Met + Cys T	43	%			0.7281	
Met + Cys SID	44	%	0.64		0.6572	
Methionina SID	45	%	0.41		0.41	0.1635
Methionina T	46	%			0.4327	
P Dig cvb	47	%			0.3749	
P Dig FEDNA	48	%			0.3803	
P disponible	49	%	0.39		0.39	0.3056
P fitico	50	%			0.2292	
P total	51	%			0.6639	
PNA	53	%			16.3482	
Potasio	54	%			0.71	

Prolina T	55	%			1.0009	
Proteína cruda	56	%	16.4		16.4	0.0296
Serine T	57	%			0.8738	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	0.0112
Threonina SID	59	%	0.52		0.5654	
Threonina T	60	%			0.6457	
Tryptophano SID	61	%	0.17		0.1836	
Tryptophano T	62	%			0.2039	
Tyrosine T	63	%			0.5913	
Valina SID	64	%	0.65		0.6944	
Valina T	65	%			0.803	

VIII.2 Resultados de análisis estadísticos

➤ Producción de huevos

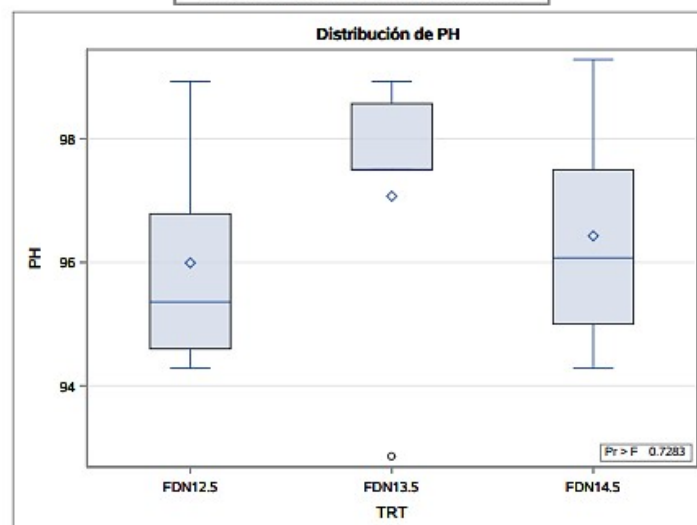
Obs	NUMERO	TRT	PH
1	1	FDN12.5	94.600
2	2	FDN12.5	98.929
3	3	FDN12.5	95.359
4	4	FDN12.5	94.287
5	5	FDN12.5	96.786
6	6	FDN13.5	98.929
7	7	FDN13.5	97.501
8	8	FDN13.5	98.572
9	9	FDN13.5	92.858
10	10	FDN13.5	97.501
11	11	FDN14.5	97.500
12	12	FDN14.5	95.000
13	13	FDN14.5	99.286
14	14	FDN14.5	96.072
15	15	FDN14.5	94.286

Procedimiento NPAR1WAY

Análisis de varianza para variable PH Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Media
FDN12.5	5	95.99220
FDN13.5	5	97.07220
FDN14.5	5	96.42880

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Entre	2	2.951639	1.475819	0.3256	0.7283
Dentro	12	54.397538	4.533128		

Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.



➤ Consumo de alimento

Obs	trt	block	CONSUMO
1	FDN12.5	1	127.231
2	FDN12.5	2	125.371
3	FDN12.5	3	117.558
4	FDN12.5	4	118.303
5	FDN12.5	5	119.622
6	FDN13.5	1	129.843
7	FDN13.5	2	128.083
8	FDN13.5	3	131.070
9	FDN13.5	4	118.013
10	FDN13.5	5	126.389
11	FDN14.5	1	131.969
12	FDN14.5	2	122.294
13	FDN14.5	3	125.616
14	FDN14.5	4	122.407
15	FDN14.5	5	131.410

Procedimiento GLM

Variable dependiente: CONSUMO

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	242.8281565	40.4713594	2.79	0.0906
Error	8	116.0732964	14.5091620		
Total corregido	14	358.9014529			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de CONSUMO
0.676587	3.046981	3.809089	125.0119

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	156.3774836	39.0943709	2.69	0.1086
trt	2	86.4506729	43.2253365	2.98	0.1079

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	156.3774836	39.0943709	2.69	0.1086
trt	2	86.4506729	43.2253365	2.98	0.1079

➤ Índice de conversión alimenticia

Obs	trt	block	CONVERSION
1	FDN12.5	1	1.99333
2	FDN12.5	2	1.98100
3	FDN12.5	3	2.01801
4	FDN12.5	4	1.98994
5	FDN12.5	5	1.89073
6	FDN13.5	1	2.00930
7	FDN13.5	2	2.07415
8	FDN13.5	3	1.99009
9	FDN13.5	4	2.05969
10	FDN13.5	5	1.93097
11	FDN14.5	1	2.11357
12	FDN14.5	2	2.09715
13	FDN14.5	3	1.94850
14	FDN14.5	4	2.04737
15	FDN14.5	5	2.15156

Procedimiento GLM

Variable dependiente: CONVERSION

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.03430621	0.00571770	1.24	0.3780
Error	8	0.03686281	0.00460785		
Total corregido	14	0.07116902			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de CONVERSION
0.482039	3.360968	0.067881	2.019691

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.01041936	0.00260484	0.57	0.6951
trt	2	0.02388685	0.01194343	2.59	0.1356

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.01041936	0.00260484	0.57	0.6951
trt	2	0.02388685	0.01194343	2.59	0.1356

➤ Eficiencia energética bruta

Obs	trt	block	EEB
1	FDN12.5	1	5.58134
2	FDN12.5	2	5.54680
3	FDN12.5	3	5.65044
4	FDN12.5	4	5.57184
5	FDN12.5	5	5.29403
6	FDN13.5	1	5.62604
7	FDN13.5	2	5.80761
8	FDN13.5	3	5.57227
9	FDN13.5	4	5.76713
10	FDN13.5	5	5.40670
11	FDN14.5	1	5.91799
12	FDN14.5	2	5.87202
13	FDN14.5	3	5.45579
14	FDN14.5	4	5.73264
15	FDN14.5	5	6.02436

Procedimiento GLM

Variable dependiente: EEB

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.26896071	0.04482678	1.24	0.3780
Error	8	0.28900444	0.03612556		
Total corregido	14	0.55796515			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de EEB
0.482039	3.360968	0.190067	5.655134

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.08168780	0.02042195	0.57	0.6951
trt	2	0.18727291	0.09363645	2.59	0.1356

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	0.08168780	0.02042195	0.57	0.6951
trt	2	0.18727291	0.09363645	2.59	0.1356

➤ **Peso de huevo**

Obs	trt	block	PESOH
1	FDN12.5	1	67.917
2	FDN12.5	2	64.024
3	FDN12.5	3	61.140
4	FDN12.5	4	63.417
5	FDN12.5	5	65.709
6	FDN13.5	1	65.365
7	FDN13.5	2	63.323
8	FDN13.5	3	67.495
9	FDN13.5	4	61.867
10	FDN13.5	5	67.090
11	FDN14.5	1	64.093
12	FDN14.5	2	61.734
13	FDN14.5	3	64.941
14	FDN14.5	4	62.169
15	FDN14.5	5	65.315

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PESOH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	35.33973947	5.88995658	1.62	0.2579
Error	8	29.09901547	3.63737693		
Total corregido	14	64.43875493			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PESOH
0.548424	2.962706	1.907191	64.37327

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	30.56046893	7.64011723	2.10	0.1726
trt	2	4.77927053	2.38963527	0.66	0.5443

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	30.56046893	7.64011723	2.10	0.1726
trt	2	4.77927053	2.38963527	0.66	0.5443

➤ **Masa de huevo**

Obs	trt	block	MASAH
1	FDN12.5	1	64.3578
2	FDN12.5	2	63.3465
3	FDN12.5	3	58.3105
4	FDN12.5	4	59.9155
5	FDN12.5	5	63.6412
6	FDN13.5	1	64.6760
7	FDN13.5	2	61.7918
8	FDN13.5	3	65.9060
9	FDN13.5	4	57.4925
10	FDN13.5	5	65.4380
11	FDN14.5	1	62.5465
12	FDN14.5	2	58.7617
13	FDN14.5	3	64.4970
14	FDN14.5	4	59.8630
15	FDN14.5	5	61.7997

Procedimiento GLM

Variable dependiente: MASAH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	53.8510698	8.9751783	1.44	0.3099
Error	8	50.0318126	6.2539766		
Total corregido	14	103.8828824			

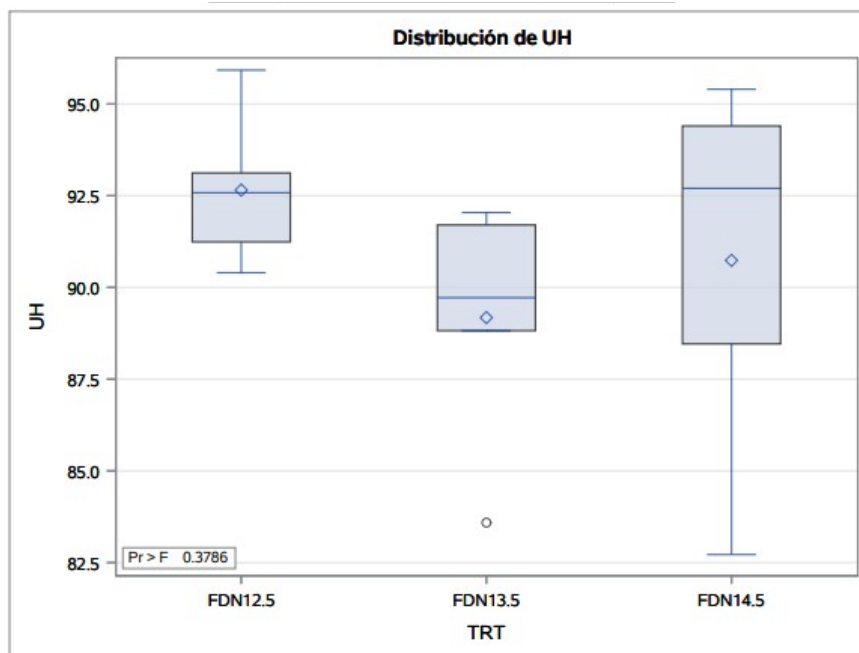
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de MASAH
0.518383	4.023401	2.500795	62.15625

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	47.27111687	11.81777922	1.89	0.2057
trt	2	6.57995292	3.28997646	0.53	0.6100

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	47.27111687	11.81777922	1.89	0.2057
trt	2	6.57995292	3.28997646	0.53	0.6100

➤ **Unidad Haugh**

Obs	NUMERO	TRT	UH
1	1	FDN12.5	90.40
2	2	FDN12.5	92.58
3	3	FDN12.5	91.24
4	4	FDN12.5	95.92
5	5	FDN12.5	93.12
6	6	FDN13.5	91.70
7	7	FDN13.5	89.72
8	8	FDN13.5	83.60
9	9	FDN13.5	92.04
10	10	FDN13.5	88.82
11	11	FDN14.5	88.46
12	12	FDN14.5	82.72
13	13	FDN14.5	95.40
14	14	FDN14.5	92.70
15	15	FDN14.5	94.40



➤ Color de yema

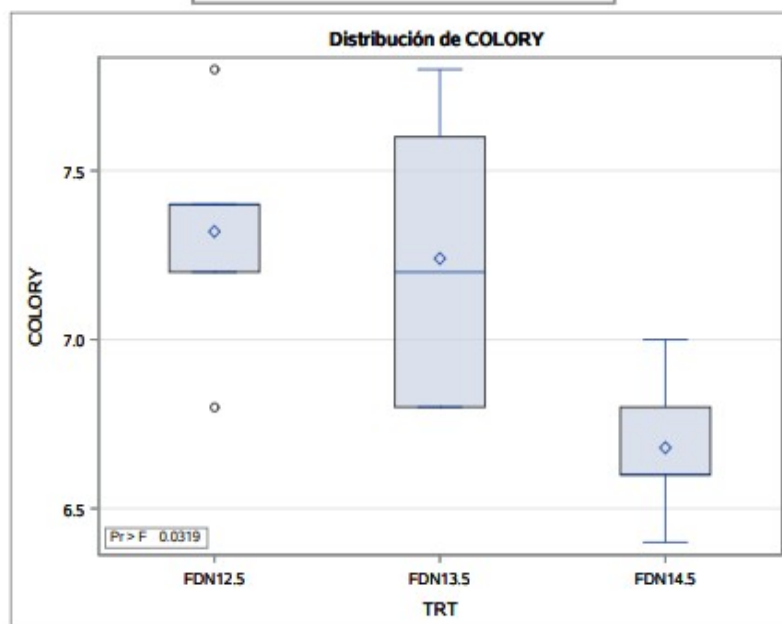
Obs	NUMERO	TRT	COLOR
1	1	FDN12.5	7.4
2	2	FDN12.5	6.8
3	3	FDN12.5	7.8
4	4	FDN12.5	7.4
5	5	FDN12.5	7.2
6	6	FDN13.5	7.8
7	7	FDN13.5	7.2
8	8	FDN13.5	6.8
9	9	FDN13.5	6.8
10	10	FDN13.5	7.6

Procedimiento NPAR1WAY

Análisis de varianza para variable COLOR		
Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Media
FDN12.5	5	7.320
FDN13.5	5	7.240
FDN14.5	5	6.680

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Entre	2	1.2160	0.608000	4.6531	0.0319
Dentro	12	1.5680	0.130667		

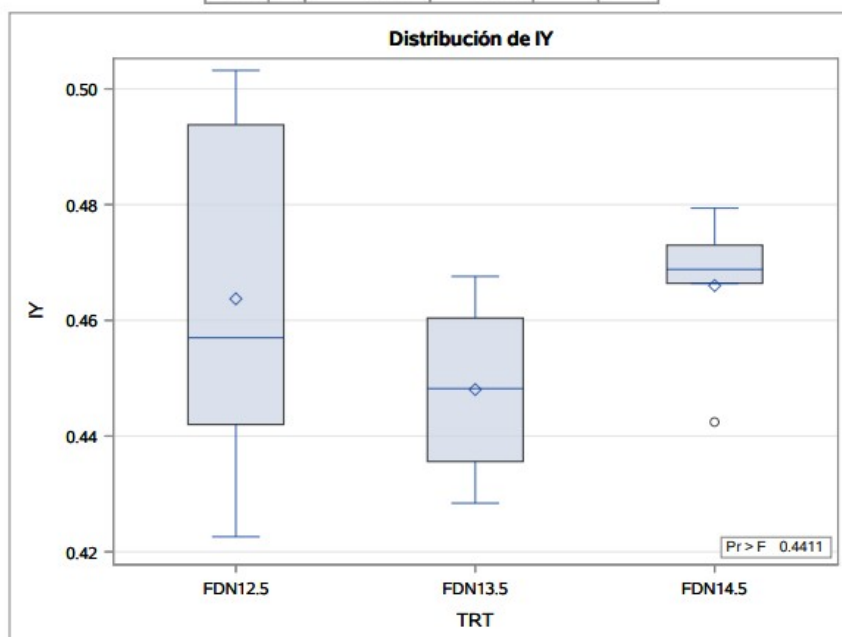
Se utilizaron puntuaciones media para valores repetidos.



➤ Índice de yema

Obs	NUMERO	TRT	IY
1	1	FDN12.5	0.4570
2	2	FDN12.5	0.4420
3	3	FDN12.5	0.5032
4	4	FDN12.5	0.4938
5	5	FDN12.5	0.4226
6	6	FDN13.5	0.4284
7	7	FDN13.5	0.4356
8	8	FDN13.5	0.4482
9	9	FDN13.5	0.4676
10	10	FDN13.5	0.4604
11	11	FDN14.5	0.4730
12	12	FDN14.5	0.4664
13	13	FDN14.5	0.4424
14	14	FDN14.5	0.4794
15	15	FDN14.5	0.4688

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Entre	2	0.000956	0.000478	0.8770	0.4411
Dentro	12	0.006541	0.000545		



➤ **Peso de yema**

Obs	trt	block	PESYO
1	FDN12.5	1	16.1926
2	FDN12.5	2	16.0195
3	FDN12.5	3	15.1164
4	FDN12.5	4	15.0460
5	FDN12.5	5	14.3418
6	FDN13.5	1	15.3587
7	FDN13.5	2	15.8584
8	FDN13.5	3	16.5129
9	FDN13.5	4	13.4442
10	FDN13.5	5	16.5816
11	FDN14.5	1	14.6041
12	FDN14.5	2	14.0074
13	FDN14.5	3	16.5184
14	FDN14.5	4	15.2315
15	FDN14.5	5	14.6572

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PESYO

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	4.08512111	0.68085352	0.59	0.7292
Error	8	9.17581575	1.14697697		
Total corregido	14	13.26093685			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PESYO
0.308057	7.000082	1.070970	15.29939

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	3.32145030	0.83036258	0.72	0.5996
trt	2	0.76367080	0.38183540	0.33	0.7263

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	4	3.32145030	0.83036258	0.72	0.5996
trt	2	0.76367080	0.38183540	0.33	0.7263

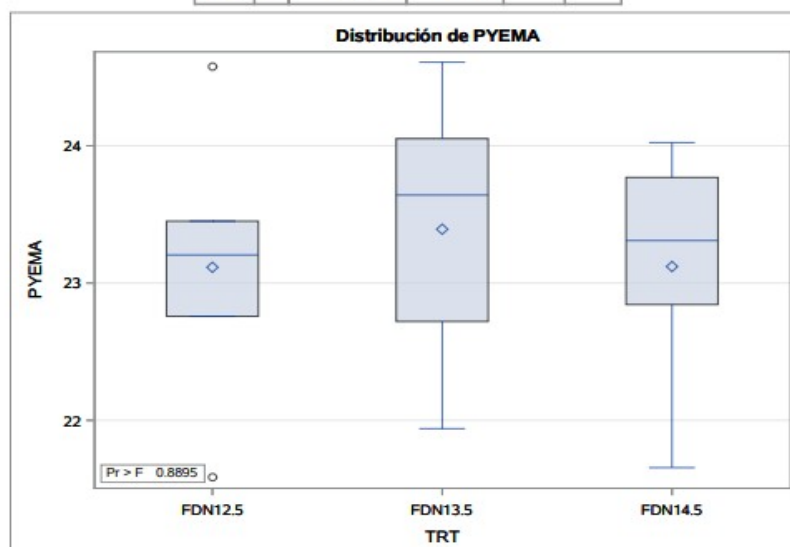
➤ Porcentaje de yema

Obs	NUMERO	TRT	PYEMA
1	1	FDN12.5	21.5844
2	2	FDN12.5	24.5774
3	3	FDN12.5	23.4509
4	4	FDN12.5	23.2048
5	5	FDN12.5	22.7576
6	6	FDN13.5	22.7200
7	7	FDN13.5	23.6410
8	8	FDN13.5	24.6093
9	9	FDN13.5	21.9390
10	10	FDN13.5	24.0523
11	11	FDN14.5	21.6550
12	12	FDN14.5	22.8432
13	13	FDN14.5	24.0233
14	14	FDN14.5	23.7695
15	15	FDN14.5	23.3097

Procedimiento NPAR1WAY

Análisis de varianza para variable PYEMA Clasificado por variable TRT		
TRT	N	Media
FDN12.5	5	23.115005
FDN13.5	5	23.392333
FDN14.5	5	23.120147

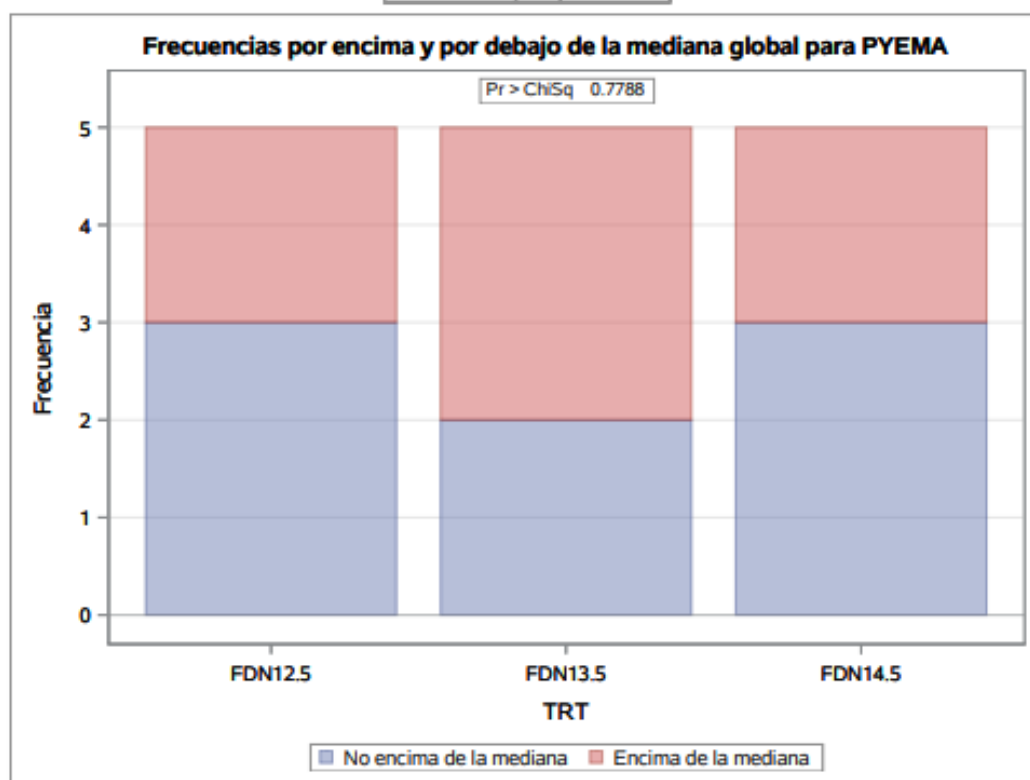
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Entre	2	0.251703	0.125852	0.1183	0.8895
Dentro	12	12.769035	1.064086		



Procedimineto NPAR1WAY

Puntuaciones de la mediana (Número de puntos por encima de la mediana) para variable PYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
FDN12.5	5	2.0	2.333333	0.942809	0.40
FDN13.5	5	3.0	2.333333	0.942809	0.60
FDN14.5	5	2.0	2.333333	0.942809	0.40

Análisis de un factor de la mediana		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
0.5000	2	0.7788



Procedimiento NPAR1WAY

Puntuaciones Savage (Exponenciales) para variable PYEMA Clasificado por variable TRT					
TRT	N	Suma de puntuaciones	Esperado debajo de H0	Desv. est. debajo de H0	Puntuación media
FDN12.5	5	-0.757243	0.0	1.667745	-0.151449
FDN13.5	5	1.684724	0.0	1.667745	0.336945
FDN14.5	5	-0.927481	0.0	1.667745	-0.185496

Análisis de un factor de Savage		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
1.0239	2	0.5993

VIII.3 Fotos del proceso experimental:



Foto N.º 1: Gallinas experimentales DEKALB BROW



Foto N.º 2: Preparación de dietas experimentales



Foto N.º 3: Pesaje de las dietas



Foto N.º 4: Recolección de huevos

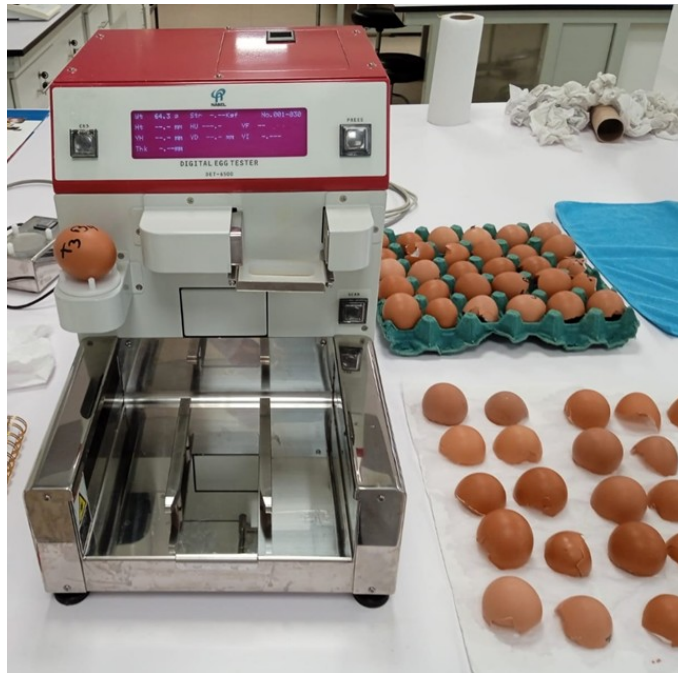


Foto N.º 5: Equipo analizador DET 6500 (Japón)



Foto N.º 6: Evaluando calidad de huevo



Foto N.º 7: Evaluando el peso de la yema

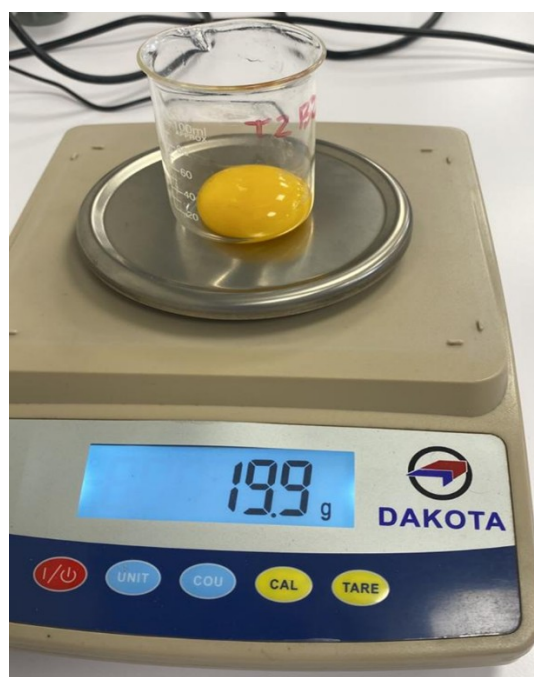


Foto N.º 8: Peso de la yema en balanza analítica



Foto N°9 : alimentación de las gallinas del proyecto



Foto N°10 : registrando los datos del proyecto



Foto N° 11: Almacenaje de las dietas experimentales



Foto N° 12: pesaje de la dieta en balanza se plataforma



Foto N°13: Segunda preparación de las dietas

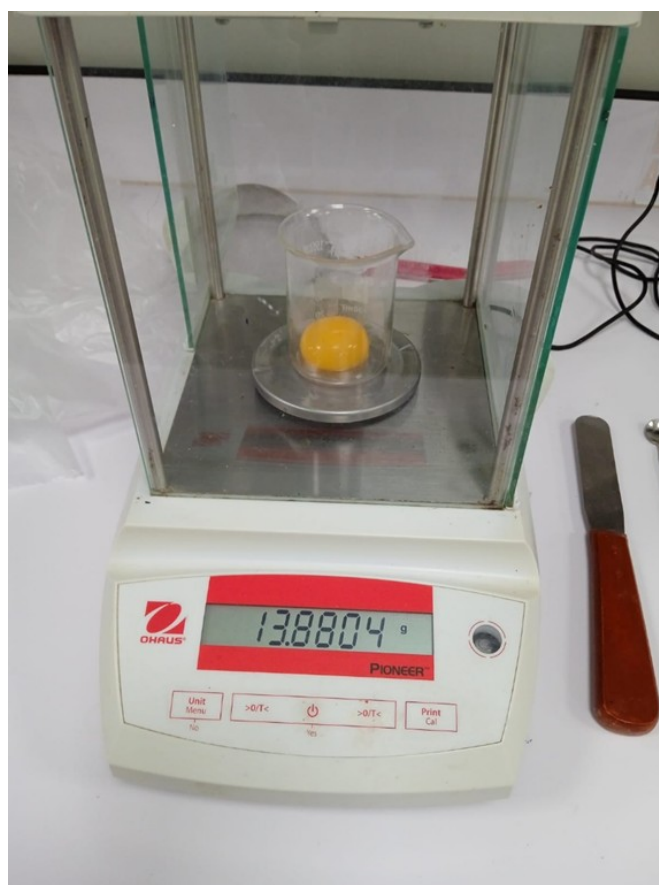


Foto N°14 : Balanza analítica



Foto N° 15 : distribución de las dietas



Foto N° 16: llevando el alimento al galpón



Foto N°17 : Huevos del experimento



Foto N°18: Bloques experimentales



Foto N° 19: Gallinas del proyecto comiendo la dieta asignada

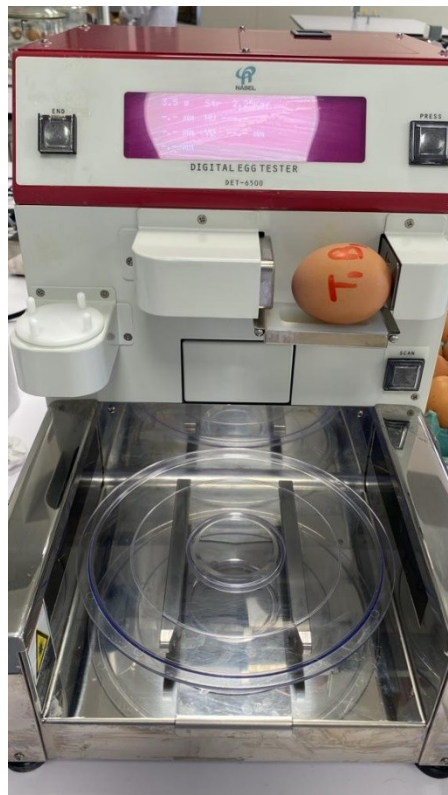


Foto N° 20: Evaluando resistencia de la cascara del huevo