

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Eficiencia de las gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 bajo diferentes
requerimientos nutricionales

Estudiante

Ricardo Maldonado Fumagalli

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, mayo 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILA TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	12
Ubicación del Estudio.....	12
Distribución, Diseño Experimental y Tratamientos	12
Condiciones Experimentales.....	12
Desempeño Productivo.....	15
Calidad Externa e Interna del Huevo	15
Análisis Estadístico	16
Resultados y Discusión.....	17
Desempeño Productivo.....	17
Peso Vivo Inicial	17
Peso Vivo Final	18
Intensidad de Puesta.....	18
Peso del Huevo	18
Consumo de Alimento	19
Conversión Masal.....	19
Huevos Sucios	19
Calidad Externa e Interna del Huevo	20
Peso del Huevo	21

Altura del Albumen	22
Unidad Haugh	22
Resistencia a la Ruptura.....	23
Grosor de la Cáscara	24
Color de Yema	24
Costos.....	24
Conclusiones	26
Recomendaciones.....	27
Referencias.....	28
Anexos.....	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Dietas para gallinas ponedoras según diferentes requerimientos nutricionales entre las 21-36 semanas (s) de vida.....	13
Cuadro 2 Efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en la productividad de gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 entre las semanas 21-36 de edad.	17
Cuadro 3 Calidad externa e interna del huevo bajo el efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 en la semana 5 del experimento, con 26 semanas de vida.....	20
Cuadro 4 Calidad externa e interna del huevo bajo el efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 en la semana 15 del experimento, con 36 semanas de vida.....	21
Cuadro 5 Efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en el costo del alimento consumido y costo para producir un huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® W-80.	25

Índice de Anexos

Anexo A Descripción del peso ideal de la gallina a las 21 semanas de vida.	30
Anexo B Descripción del peso ideal de la gallina a las 36 semanas de vida.	31
Anexo C Evolución de la resistencia de la cáscara a rotura según la edad de la gallina.....	32

Resumen

Los requerimientos nutricionales definen la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras, lo que impacta directamente en la rentabilidad productiva. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de las gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 bajo diferentes requerimientos nutritivos. Un total de 700 gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 de 20 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 15 semanas en siete tratamientos, 20 repeticiones por tratamiento y cinco aves por jaula. Los tratamientos consistieron en dietas formuladas por los requerimientos de FEDNA, NRC, Hy-Line® W80, EAP, Dekalb White y Rostagno. El grupo Dekalb White® mejoró la producción de huevos, además disminuyó el consumo de alimento y la conversión masal. El requerimiento de Rostagno incrementó el peso vivo y peso del huevo promedio, el grupo de NRC redujo el porcentaje de huevos sucios de gallinas ponedoras Hy-Line® W80. En la semana 5, FEDNA mejoró altura de albumen y la unidad Haugh, el grupo Rostagno incrementó la fuerza para romper la cáscara. En la semana 15, el grupo NRC tuvo la mayor unidad Haugh y resistencia a la ruptura, mientras Rostagno incrementó la altura del albumen de gallinas ponedoras Hy-Line® W80. El grupo FEDNA redujo el costo del alimento consumido y los grupos Dekalb White, NRC y FEDNA disminuyeron el costo para producir un huevo en gallinas ponedoras Hy-Line® W80. Los requerimientos nutricionales influyeron directamente en la respuesta productiva, se recomienda seguir las investigaciones con otras líneas genéticas.

Palabras clave: Calidad de huevo, dietas balanceadas, eficiencia, reducción de costos, requerimientos nutricionales.

Abstract

Nutritional requirements define laying hens productivity and egg quality, which directly impacts production profitability. The study's objective was to evaluate the efficiency of Hy-Line® W-80 laying hens under different nutritional requirements. A total of 700 20-week-old Hy-Line® W-80 laying hens were distributed according to a completely randomized design for 15 weeks in seven treatments, 20 replicates per treatment, and five hens per cage. The treatments consisted of diets formulated for FEDNA, NRC, Hy-Line® W80, EAP, Dekalb White, and Rostagno requirements. The Dekalb White® group improved egg production and decreased feed intake and conversion. The Rostagno requirement increased live weight and average egg weight; the NRC group reduced the percentage of dirty eggs from Hy-Line® W80 laying hens. At week 5, FEDNA improved albumen height and Haugh Unit; the Rostagno group increased shell breaking strength. At week 15, the NRC group had the highest Haugh unit and breaking strength, while Rostagno increased the albumen height of Hy-Line® W80 laying hens. The FEDNA group reduced the cost of feed consumed, and the Dekalb White, NRC, and FEDNA groups decreased the cost to produce an egg in Hy-Line® W80 laying hens. Nutritional requirements directly influenced the effective response; further research with other genetic lines is recommended.

Keywords: Balanced diets, cost reduction, efficiency, egg quality, nutritional requirements.

Introducción

En el mundo avícola, constantemente convergen distintas situaciones problemáticas, una de las cuales es la planificación nutricional. Esta situación ocupa un lugar primordial entre las preocupaciones diarias de los avicultores, pues representa un papel muy importante en el desarrollo del ave, y por ende en la producción de huevos (Morán y Vergara-Moreno 2020). El objetivo principal de la industria avícola es reducir el costo de alimentación que representa entre el 70 a 80% de los costos de producción de huevo (Fuente-Martínez et al. 2012). Tomando en cuenta esto, al evaluar la eficiencia de los requerimientos nutricionales, se puede realizar un balance entre productividad, y la reducción de los costos de producción.

El éxito económico de toda industria dedicada a la producción de huevos depende de la masa de huevo producida por cada ave alojada en la instalación a lo largo de todo el periodo de puesta. Este objetivo depende de la duración del periodo de puesta, así como del número de huevos producidos y el tamaño de estos. La obtención del mayor número de huevos comercializables está relacionada con la calidad externa e interna del huevo, lo que reduce la incidencia de huevos rechazados antes de su comercialización (Pérez 2013).

Con la finalidad de cumplir con el requerimiento nutricional adecuado de las aves, la alimentación debe ser una combinación de varios tipos de ingredientes, porque cada ingrediente contiene proporciones diferentes de varios nutrientes (Morán y Vergara-Moreno 2020). Dado que los valores de energía metabolizable son los más comúnmente utilizados para definir la energía dietética disponible para las aves. Un ejemplo de la disposición de la energía alimentaria ingerida por una gallina ponedora y algunas consideraciones generales sobre el establecimiento de las concentraciones de energía de las dietas (NRC 1994). Existen diferentes tablas definidas sobre requerimientos nutricionales para un manejo idóneo y eficiente de las gallinas ponedoras, suelen variar en algunos

aspectos, porque existen contradicciones sobre los factores determinantes, por medio de medir los requerimientos nutricionales proporcionados en los alimentos suministrados.

Se recomienda la reducción en los niveles de proteína adicionando aminoácidos industriales en dietas de gallinas, para satisfacer los requerimientos de aminoácidos (López 2018). Las recomendaciones de aminoácidos se dan sobre la base de los aminoácidos digeribles ileales estandarizados. Los aminoácidos más importantes para las gallinas ponedoras son: la lisina, la metionina + cistina, la treonina y el triptófano (Mercier et al. 2013). Por esa razón se han evaluado los aminoácidos anteriormente mencionados, siendo estos uno de los elementos que más varían entre las tablas de requerimientos nutricionales.

Para la determinación de los requerimientos nutricionales de los aminoácidos en aves, se utilizaron raciones formuladas principalmente con maíz y soya. Cuando se utilizan otros ingredientes, es necesario aplicar correcciones referentes a la digestibilidad de estos. Para esto, son citados los requerimientos con base en aminoácidos digeribles estandarizados. La lisina se usó como referencia para estimar los requerimientos nutricionales de los aminoácidos. Los niveles de los aminoácidos, así como el de proteína deben ser lo más cerca posible a los niveles recomendados, para evitar excesos. Los requerimientos de metionina + cisteína se establecieron teniendo en cuenta que como mínimo el 55% de los aminoácidos azufrados deben ser metionina (Rostagno et al. 2017). Sólo aquellos aminoácidos que son limitantes en la formulación estarían en el límite inferior, mientras que todos los demás deberían tener libertad. En las formulaciones de piensos para gallinas ponedoras a base de maíz y harina de soya, metionina + cisteína son los primeros aminoácidos limitantes (Sakomura et al. 2015).

Los cambios básicos del contenido de energía, proteínas y aminoácidos se realizan sólo en relación con el rendimiento de la masa de huevos producidos por las gallinas. Esto significa que mientras la producción de masa de huevos del grupo no disminuya, no se debe reducir ninguno de

estos nutrientes básicos con el fin de evitar deficiencias que finalmente perjudiquen al grupo completo (Lohmann Breeders 2020).

Uno de los principios claves en alimentación aviar, es que las aves comen para satisfacer sus necesidades energéticas. Las ponedoras se adaptan bien a amplios rangos de concentración energética del alimento, excepto quizás en aves blancas al inicio de puesta, condiciones de verano y naves abiertas, cuando las necesidades pueden ser superiores al consumo. Por ello, la concentración energética óptima del alimento entre límites razonables (2,580 y 2,830 kcal EMAn/kg) viene marcada por la edad del ave (Santomá y Mateos 2018). Las recomendaciones se dan para una temperatura media en la granja entre 20 y 22 °C, en combinación con un manejo y equipo de granja óptimos (Groupe Grimaud 2021); dichas recomendaciones difieren de las condiciones en las cuales se realizará la investigación (26 °C). El objetivo de la investigación fue: Evaluar el efecto de dietas formuladas con diferentes requerimientos nutricionales en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® W80.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental se encuentra a una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

Distribución, Diseño Experimental y Tratamientos

Se utilizaron un total de 700 gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 de 20 semanas de edad. Se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 15 semanas, con siete tratamientos, 20 repeticiones por tratamiento y cinco aves por jaula. Los tratamientos consistieron en el uso de diferentes formulaciones para aves ponedoras:

T1: Dekalb White

T2: FEDNA

T3: Novogen

T4: Hy-Line® W-80

T5: Rostagno

T6: NRC

T7: Escuela Agrícola Panamericana

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m² y en jaulas en un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* por medio de niples, y el consumo de alimento se restringió a 100 g/ave. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizaron siete días de adaptación a las nuevas dietas.

Cuadro 1

Diets para gallinas ponedoras según diferentes requerimientos nutricionales entre las 21-36 semanas (s) de vida.

Ingredientes	Dekalb White (21-36 s)	FEDNA (21-25 s)	FEDNA (26-36 s)	Novogen (21-28 s)	Novogen (29-36 s)	Hy-Line® W-80 (21-36 s)	Rogstagno (21-36 s)	NRC (21-36 s)	EAP (21-36 s)
Harina de maíz	49.656	57.7	55.815	43.599	48.146	48.263	42.836	61.151	49.14
Harina de soya	31.278	28.98	28.38	35.208	32.446	31.394	32.771	24.114	31.78
Aceite de palma africana	5.685	1.504	3.17	7.71	6.012	8.03	9.139	4.228	5.479
Enzimas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezclas	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Carbonato de calcio grueso	6.186	5.585	6.102	6.219	6.414	5.64	7.369	5.148	6.366
Carbonato de calcio fino	4.124	3.723	4.068	4.431	4.275	3.76	4.913	3.431	4.244
Biosfost	1.73	1.32	1.285	1.432	1.341	1.498	1.359	0.657	1.58
Bicarbonato	0.28	0.25	0.25	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.28
Sal común	0.23	0.2	0.2	0.33	0.33	0.24	0.23	0.23	0.23
L-lisina	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0.02
DL-metionina	0.251	0.168	0.16	0.221	0.185	0.305	0.403	0.191	0.291
L-treonina	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.1	0	0.02
Costo (USD/t)	539.02	508.27	513.9	553.41	538.1	557.01	563.58	516.14	539.4
Aportes									
EM, kcal/kg	2800	2670	2730	2850	2800	2950	2900	2900	2780
PC, %	17.6	17	16.6	19	18	17.6	18.04	15	17.85
Ca, %	4.1	3.7	4	4.2	4.2	3.75	4.77	3.33	4.2
P, %	0.48	0.4	0.39	0.42	0.4	0.43	0.399	0.25	0.45
Lisina, %	0.85	0.82	0.8	0.93	0.87	0.85	0.9	0.71	0.88
Metionina+cistina, %	0.74	0.66	0.64	0.73	0.68	0.79	0.88	0.64	0.78

Ingredientes	Dekalb White (21-36 s)	FEDNA (21-25 s)	FEDNA (26-36 s)	Novogen (21-28 s)	Novogen (29-36 s)	Hy-Line® W-80 (21-36 s)	Rogstagno (21-36 s)	NRC (21-36 s)	EAP (21-36 s)
Treonina, %	0.6	0.58	0.57	0.64	0.61	0.6	0.694	0.53	0.62
Triptofano, %	0.18	0.18	0.17	0.19	0.18	0.18	0.19	0.15	0.19
Cl, %	0.17	0.16	0.15	0.22	0.22	0.18	0.17	0.17	0.17
Na, %	0.18	0.15	0.15	0.2	0.21	0.18	0.18	0.18	0.18
FC, %	2.89	2.92	2.85	2.99	2.93	2.86	2.83	2.71	2.91
FDN, %	8.47	8.9	8.65	8.42	8.49	8.36	8.05	8.59	8.49

NotaL. USD: dólares americanos; t: toneladas; EM: Energía metabolizable (kcal/kg); PC: Proteína cruda (%); Ca: Calcio (%); P: Fósforo (%); Cl: Cloro (%); Na: Sodio (%); FC: Fibra cruda (%); FDN: Fibra detergente neutro

(%).

Desempeño Productivo

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 30 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de ± 0.1 g. El consumo de alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó dos veces por semana según el método de oferta y rechazo. La conversión masal y los huevos no aptos se calcularon a partir de las fórmulas 1 y 2:

$$\text{Conversión masal} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad [1]$$

$$\text{Huevos no aptos (HNA)} = \frac{\text{HNA} \times 100}{\text{Huevos aptos}} \quad [2]$$

Calidad Externa e Interna del Huevo

En las semanas 5 y 15 del del estudio, se recolectaron 40 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el software Eggware v4x. La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra).

Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad interna del huevo, la altura del

albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula 3:

$$\text{Unidad Haugh (UH)} = 100 \times \log (H + 1.7 W^{0.37} + 7.6) \quad [3]$$

Costos

Para determinar el costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo, se utilizó el método económico-matemático con técnicas de agrupación y comparación. Para la aplicación de este método y de sus técnicas se utilizaron fichas de costos de los ingredientes, facturas, informes de recepción y análisis económicos de la planta de concentrados y de la unidad de aves de la Escuela Agrícola Panamericana. El costo de alimento consumido se determinó en USD/ave, mientras el costo para producir un huevo en USD/huevo.

Análisis Estadístico

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple según un diseño completamente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se empleó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones y el color de la yema de huevo se determinó por la prueba de Kruskal-Wallis.

Resultados y Discusión

Desempeño Productivo

En el Cuadro 2 se observa el efecto de diferentes dietas para los requerimientos nutricionales en la productividad de gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 de 21-36 semanas de edad. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para las variables de peso vivo final, intensidad de puesta, peso del huevo, conversión masal y porcentaje de huevo sucio. Para las variables de peso vivo inicial y consumo de alimento no se encontraron diferencias ($P > 0.05$).

Cuadro 2

Efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en la productividad de gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 entre las semanas 21-36 de edad.

Requerimientos nutricionales	Desempeño productivo						
	PVI (g)	PVF (G)	IP (%)	PH (g)	CA (g)	CM	HS (%)
Dekalb white	1390.25	1521.34 ^c	91.00 ^a	57.79 ^{ab}	93.77	1.80 ^d	3.84 ^c
FEDNA	1391.94	1500.77 ^c	87.31 ^b	57.80 ^{ab}	94.18	1.88 ^a	7.87 ^a
Novogen	1393.78	1572.65 ^a	89.43 ^{ab}	58.25 ^a	94.65	1.83 ^{bc}	4.89 ^{bc}
Hy-Line® W-80	1392.94	1560.92 ^{ab}	89.07 ^{ab}	58.06 ^{ab}	94.38	1.85 ^a	5.30 ^b
Rostagno	1391.45	1576.83 ^a	89.71 ^{ab}	58.41 ^a	94.17	1.81 ^{cd}	4.65 ^{bc}
NRC	1390.98	1529.56 ^{bc}	89.00 ^{ab}	57.40 ^b	94.81	1.87 ^a	2.60 ^d
EAP	1390.37	1519.10 ^c	89.69 ^{ab}	57.11 ^b	94.36	1.84 ^a	3.75 ^c
EE±	2.492	12.270	0.850	0.220	1.002	0.007	1.232
Valor de P	0.473	0.001	0.035	0.009	0.994	0.001	0.031

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$. PVI: peso vivo inicial; g: gramos; PVF: peso vivo final; IP:

Intensidad de puesta (%); PH: peso del huevo, CA: consumo de alimento; CM: conversión masal; HS: huevos sucios; EE±: Error Estándar.

Peso Vivo Inicial

Para la variable de peso vivo inicial, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre las dietas evaluadas. Se obtuvo un rango promedio que oscila entre los 1,390.25 y 1,393.78 g; el cual, según la Guía de Manejo para gallinas (Hy-Line® International 2019), se encuentra dentro del peso vivo ideal para la semana 21 de vida (Anexo A).

Peso Vivo Final

Para la variable de peso vivo final, se encontraron diferencias ($P = 0.001$) entre los tratamientos evaluados. Se realizó una prueba de separación múltiple de medias Duncan, en donde los tratamientos de Novogen y Rostagno obtuvieron los valores más altos en cuanto a peso vivo final en gramos, el tratamiento Hy-Line® W-80 presentó resultados similares. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos antes mencionados con relación a los tratamientos NRC, Dekalb White, FEDNA y EAP, siendo estos los valores más bajos obtenidos para la variable evaluada. Se obtuvo un rango promedio que oscila entre los 1,500.77 y 1,576.83 g, contrario a lo especificado por la Guía de Manejo para gallinas Hy-Line International 2019, la cual denomina que el peso en la semana 36 de vida debería de ser de aproximadamente 1,650 g (Anexo B).

Intensidad de Puesta

El tratamiento Dekalb White obtuvo la intensidad de puesta más alta en el experimento (91%), mientras los tratamientos Novogen, Hy-Line® W-80, Rostagno, NRC y EAP obtuvieron resultados similares. La intensidad de puesta del tratamiento FEDNA, difiere a los demás tratamientos, debido a que obtuvo el valor más bajo (87.31%), indicando un déficit de productividad en cuanto al parámetro evaluado. De acuerdo con Tepox Pérez et al. (2011), en los programas de alimentación, el consumo de energía al inicio de la producción es un factor importante que influye en el pico de postura, destacar que el tratamiento FEDNA es el que contiene menor cantidad de EM.

Peso del Huevo

Al evaluar el peso del huevo, se obtuvo los mejores resultados para los tratamientos Novogen y Rostagno, los tratamientos Dekalb White, FEDNA y Hy-Line® W-80 obtuvieron resultados similares. Mientras que los tratamientos NRC y EAP difirieron ($P \leq 0.05$) con los demás tratamientos al ser los valores más bajos en el peso del huevo. No obstante, la diferencia entre el peso más alto y el peso más bajo del huevo, no supera los 1.30 g. El tratamiento NRC, contiene los porcentajes más bajos de

inclusión en lo que es metionina+cisteína y lisina, según Hendrix Genetics (2020), el consumo de aminoácidos tiene un efecto lineal en la masa total del huevo dentro de un cierto rango, algunos de ellos juegan un papel importante en el tamaño del huevo, como la lisina y metionina+cisteína.

Consumo de Alimento

El consumo de alimento fue tomado para evaluar los costos y su relación con la conversión masal de las gallinas. Se suministró 100 g por gallina por día, el valor más bajo osciló en 93.77 g consumidos, para el tratamiento Dekalb White. Los demás tratamientos se mantuvieron en un rango de 94.17-94.81 gramos de alimento consumido al día. Según Hy-Line® International (2019), la cantidad promedio del consumo de alimento diario desde las 18 hasta las 100 semanas es de 101–108 g/día por ave. Los resultados son inferiores a lo citado, esto puede estar relacionado con las temperaturas ambientales altas, puesto que tienen un efecto depresivo en el consumo de alimento.

Conversión Masal

El tratamiento Dekalb White, demostró una conversión masal superior a los demás tratamientos (1.80), seguido por el tratamiento Rostagno (1.81), entre los cuales se determinan resultados similares. Las diferencias más notables ($P \leq 0.05$) se obtuvieron al comparar los tratamientos anteriormente mencionados, con los cinco tratamientos restantes, los cuales oscilaron entre 1.83-1.88 respectivamente. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento Novogen (1.83) y los tratamientos EAP (1.84), Hy-Line® W-80 (1.85), NRC (1.87) y FEDNA (1.88).

Huevos Sucios

Se obtuvieron diferencias ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento NRC, y los demás tratamientos, el tratamiento NRC obtuvo el valor más bajo en porcentaje de huevos sucios (2.60%). Por el contrario, los resultados no difirieron ($P > 0.05$) entre los tratamientos Dekalb White (3.84%) y EAP (3.75%), mientras que los tratamientos Novogen y Rostagno obtuvieron valores semejantes. Los valores más altos, fueron obtenidos por los tratamientos Hy-Line® W-80 (5.30%) y FEDNA (7.87%), un alto

porcentaje de huevos sucios se puede deber a diversos factores, el primer factor es la composición de la dieta, aumentando la viscosidad de la dieta y lo que provoca heces más pastosa que provoca huevos sucios (Soriano 2020).

Calidad Externa e Interna del Huevo

Los resultados de calidad externa e interna del huevo fueron medidos en la semana 5 y en la semana 15 del experimento. Se obtuvieron diversos resultados debido al transcurso de las 10 semanas que pasaron entre cada evaluación del experimento. Al evaluar los resultados de peso del huevo, se obtuvo que en la semana 5 del experimento, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$), no obstante, 10 semanas después, se obtuvieron diferencias ($P = 0.046$) entre los distintos tratamientos. Por el contrario, en altura del albumen sólo se encontraron diferencias ($P = 0.012$) en la evaluación realizada en semana 5. En el parámetro de unidad Haugh, se obtuvieron diferencias ($P \leq 0.05$), al igual que en la medición de la resistencia a la ruptura y el color de la yema. Al medir el grosor de la cáscara, no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) en ninguna de las dos ocasiones evaluadas.

Cuadro 3

Calidad externa e interna del huevo bajo el efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 en la semana 5 del experimento, con 26 semanas de vida.

Requerimientos nutricionales	Calidad externa e interna del huevo					
	PH (g)	AA (mm)	UH	RR (kgF)	GC (mm)	CY
Dekalb white	57.62	10.28 ^b	100.75 ^b	5499.28 ^b	0.39	3.00 ^a
FEDNA	57.21	11.09 ^a	104.19 ^a	5768.80 ^{ab}	0.39	3.00 ^a
Novogen	58.52	11.00 ^a	103.62 ^a	5759.25 ^{ab}	0.38	3.00 ^a
Hy-Line® W-80	58.50	10.90 ^a	103.17 ^a	5632.90 ^{ab}	0.39	3.00 ^a
Rostagno	58.43	10.76 ^a	102.62 ^a	5960.38 ^a	0.39	2.00 ^b
NRC	57.67	10.73 ^a	102.70 ^a	5699.90 ^{ab}	0.38	3.00 ^a
EAP	57.54	10.86 ^a	102.99 ^a	5719.00 ^{ab}	0.38	3.00 ^a
EE±	0.558	0.157	0.643	13.251	0.040	0.086
Valor de P	0.470	0.012	0.014	0.016	0.068	0.015

Nota. ^{a,b,c}: Medias con letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$). PH: Peso del huevo en gramos

(g). mm: Milímetros. AA: Altura del albumen. UH: Unidad Haugh. RR: Resistencia a la ruptura. kgF: Kilogramos de fuerza. GC: Grosor de la cáscara. CY: Color de la yema.

Cuadro 4

Calidad externa e interna del huevo bajo el efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en gallinas ponedoras Hy-Line® W-80 en la semana 15 del experimento, con 36 semanas de vida.

Requerimientos nutricionales	Calidad externa e interna del huevo					
	PH (g)	AA (mm)	UH	RR (kgF)	GC (mm)	CY
Dekalb white	61.94 ^a	11.06	103.11 ^a	5131.28 ^{ab}	0.37	2.00 ^b
FEDNA	61.00 ^{ab}	11.04	103.15 ^a	5093.05 ^{ab}	0.38	2.00 ^b
Novogen	61.18 ^a	12.62	97.91 ^c	5239.63 ^a	0.37	2.00 ^b
Hy-Line® W-80	61.10 ^a	10.32	100.24 ^b	5258.60 ^a	0.37	3.00 ^a
Rostagno	61.45 ^a	12.41	100.15 ^b	5266.90 ^a	0.38	2.00 ^b
NRC	58.98 ^b	10.92	103.26 ^a	4961.33 ^b	0.37	3.00 ^a
EAP	60.10 ^{ab}	10.46	100.88 ^b	5327.38 ^a	0.38	3.00 ^a
EE±	0.693	1.346	0.770	13.479	0.014	0.083
Valor de P	0.046	0.845	0.001	0.031	0.101	0.001

Nota. ^{a,b,c}: Medias con letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$). PH: Peso del huevo en gramos (g). mm: Milímetros. AA: Altura del albumen. UH: Unidad Haugh. RR: Resistencia a la ruptura. kgF: Kilogramos de fuerza. GC: Grosor de la cáscara. CY: Color de la yema.

Peso del Huevo

Para el análisis de peso del huevo en la semana 5 del experimento, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$), esto se atribuye a que la variación no supera los 1.31 g de peso. En la semana 15 se realizó de nuevo el mismo análisis, obteniendo resultados que fluctuaron un poco más, el tratamiento Dekalb White (61.94 g) obtuvo un peso del huevo superior, sin denotar una diferencia ($P > 0.05$) con los tratamientos Novogen, Hy-Line® W-80, y Rostagno, mientras que los tratamientos FEDNA Y EAP obtuvieron valores similares. El tratamiento NRC (58.98 g) obtuvo el valor más bajo en el peso del huevo, cabe recalcar que el tratamiento NRC, es el que contiene menor porcentaje tanto de proteína cruda, lisina y metionina, tal como lo menciona Comunicados Novogen (2021), la proteína y aminoácidos también afectan el tamaño del huevo. A partir de este metaanálisis, podemos ver que un punto más de proteína incrementará el tamaño del huevo en 1.65% incrementar la metionina y la lisina en 0.01% también incrementará el tamaño del huevo en 0.5% y 0.4% respectivamente. La proteína parece tener un fuerte impacto, lo que pudo influir en estos resultados. Hay que recordar

que el porcentaje de proteína cruda fluctúa en 2%, esto pudo influir en el tratamiento NRC y el bajo peso del huevo.

Altura del Albumen

Durante el análisis de la semana 5 del experimento, el valor más alto en el parámetro de altura del albumen lo obtuvo el tratamiento FEDNA (11.09), sin mostrar diferencias ($P > 0.05$) con los tratamientos Novogen, Hy-Line® W-80, Rostagno, NRC y EAP. El tratamiento Dekalb White (10.28) demostró diferencias ($P = 0.012$) con los demás tratamientos, obteniendo el valor más bajo en altura del albumen. Mientras que en el análisis realizado en la semana 15 del experimento, no se encontraron diferencias ($P = 0.845$), lo que pudo ser causado por la asimilación y adaptación a las dietas a lo largo de las 10 semanas que dividen los análisis realizados en el experimento.

Unidad Haugh

En el análisis realizado en la semana 5 del experimento con respecto a calidad externa e interna del huevo, el resultado más alto en el parámetro de unidad Haugh lo consiguió el tratamiento FEDNA, sin denotar diferencias significativas con los tratamientos Novogen, Hy-Line® W-80, Rostagno, NRC y EAP. La diferencia en los resultados ($P \leq 0.05$) se notó al analizar el tratamiento Dekalb White, el cual obtuvo el resultado más bajo en unidad Haugh, mostrando una clara diferencia con los demás tratamientos. En los resultados del análisis realizado en la semana 15 del experimento, se identificaron diferencias al comparar los resultados con los del primer análisis (semana 5). El valor más alto en cuanto a unidad Haugh lo obtuvo el tratamiento NRC, sin mostrar diferencias ($P > 0.05$) con los tratamientos Dekalb White y FEDNA, destacar que en la semana 5, el valor más bajo fue obtenido por el tratamiento Dekalb White. Los tratamientos Hy-Line® W-80, Rostagno y EAP obtuvieron resultados más bajos a los tratamientos NRC, Dekalb White y FEDNA, mientras que el resultado más bajo fue obtenido por el tratamiento Novogen, el cual, durante el primer análisis, obtuvo un valor mucho mayor.

Resistencia a la Ruptura

El análisis de resistencia a la ruptura realizado en la semana 5 del experimento, Rostagno obtuvo la mejor consistencia de la cáscara, al requerir el valor más alto para la ruptura del huevo, según Salazar Sáenz (2008), el calcio es uno de los elementos necesarios para conseguir una buena calidad del cascarón, debido a que los requerimientos de calcio para las gallinas en producción son considerables, por lo que el transporte eficiente de calcio hacia el útero es de enorme importancia, esto concuerda con que el tratamiento Rostagno es el que posee mayor porcentaje de inclusión de calcio en la dieta. Rostagno también obtuvo resultados similares a los tratamientos FEDNA, Novogen, Hy-Line® W-80, NRC y EAP.

Al evaluar el tratamiento Dekalb White, se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) con los demás tratamientos, con el valor más bajo en kgF, requerido para la ruptura del huevo. Durante las pruebas realizadas en la semana 15 del experimento, el valor más alto lo obtuvo el tratamiento EAP, lo que requiere una mayor cantidad de kgF para realizar la ruptura del huevo. El tratamiento EAP no obtuvo diferencias ($P > 0.05$) con los tratamientos Novogen, Hy-Line® W-80, y Rostagno. Los tratamientos Dekalb White y FEDNA obtuvieron resultados similares a los anteriormente mencionados. El tratamiento NRC obtuvo el valor más bajo mostrando diferencias ($P \leq 0.05$) con los demás tratamientos.

Al comparar los resultados de los dos análisis realizados, los cuales cuentan con 10 semanas de diferencia, los resultados concuerdan con Cavero Pintado (2015), ya que la resistencia a la ruptura del huevo disminuye conforme al envejecimiento de las gallinas, además, la resistencia de la cáscara está negativamente correlacionada con el peso del huevo, es decir, que los huevos más grandes tienen peor resistencia de cáscara (Anexo C). Esto es debido a la cantidad de mineral que se deposita durante el ciclo de producción, mientras que el tamaño del huevo aumenta ligeramente con la edad de la gallina (Rodríguez Navarro 2021).

Grosor de la Cáscara

Al medir el grosor de la cáscara, no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) en ninguna de las dos ocasiones evaluadas. Sin embargo, a pesar de que las diferencias no fueron significativas, los valores obtenidos en el análisis realizado durante la semana 15 del experimento, fueron ligeramente más bajos en el parámetro de grosor de cáscara medido en milímetros (mm), esto se debe a que el grosor de la cáscara de huevo tiende a disminuir a medida que la gallina envejece (Rodríguez Navarro 2021). El resultado confirma la necesidad del incremento de calcio a medida que la gallina envejece (H&N International 2020).

Color de Yema

El análisis de color de yema realizado en la semana 5 del experimento, seis de los siete tratamientos presentaron el mismo color de la yema (3.00), teniendo una diferencia ($P = 0.015$) sobre el tratamiento Rostagno, el cual presentó una coloración inferior (2.00). Durante el análisis realizado en la semana 15 del experimento, los tratamientos Hy-Line® W-80, NRC y EAP presentaron el valor más alto en color de yema, con una puntuación de 3.00 en la gama del abanico Dutch State Mines (DSM), manteniendo los valores obtenidos en la semana 5 del experimento, por el contrario, se encontraron diferencias ($P = 0.001$) con los tratamientos Dekalb White, FEDNA, Novogen y Rostagno, los cuales disminuyeron su color a una puntuación de 2.00, con excepción del tratamiento Rostagno, el cual siempre mantuvo el mismo valor.

Costos

En el Cuadro 5 se aprecian dos indicadores económicos, los cuales determinaron el costo de alimento consumido por ave y el costo para producir un huevo. Los tratamientos Dekalb White, FEDNA y NRC demostraron un beneficio económico al tener el valor más bajo para producir un huevo (USD 0.055). El tratamiento EAP resultó tener un costo intermedio, mientras que los tratamientos Hy-Line® W-80, Rostagno y Novogen, tuvieron los valores más altos para producir un huevo (USD 0.058 y 0.059).

Cuadro 5

Efecto de diferentes dietas según sus requerimientos nutricionales en el costo del alimento

consumido y costo para producir un huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® W-80.

Requerimientos nutricionales	Indicadores	
	Costo del alimento consumido (USD/ave)	Costo para producir un huevo (USD)
Dekalb white	4.60	0.055
FEDNA	4.38	0.055
Novogen	4.70	0.058
Hy-Line® W-80	4.78	0.059
Rostagno	4.82	0.059
NRC	4.45	0.055
EAP	4.63	0.057

Nota. USD: dólares americanos.

Conclusiones

La dieta formulada según los requerimientos de Dekalb White® mejoró la producción de huevos y disminuyó el consumo de alimento y la conversión masal. El requerimiento de Rostagno incrementó el peso vivo y peso del huevo promedio y el grupo de NRC redujo el porcentaje de huevos sucios de gallinas ponedoras Hy-Line® W80.

En la semana 5, la dieta formulada según FEDNA mejoró altura de albumen y la Unidad Haugh, el tratamiento Rostagno incrementó la fuerza para romper la cáscara. En la semana 15, el grupo NRC tuvo la mayor Unidad Haugh, el tratamiento EAP incrementó la fuerza para romper la cáscara, mientras Rostagno incrementó la altura del albumen de gallinas ponedoras Hy-Line® W80.

El grupo FEDNA redujo el costo del alimento consumido y las dietas formuladas según Dekalb White, NRC y FEDNA disminuyeron el costo para producir un huevo en gallinas ponedoras Hy-Line® W80.

Recomendaciones

Continuar las investigaciones sobre el efecto de diferentes requerimientos nutricionales en todas las etapas productivas de las gallinas ponedoras.

Realizar un estudio con diferentes requerimientos nutricionales en otras líneas genéticas y con diferentes ingredientes alimenticios.

Referencias

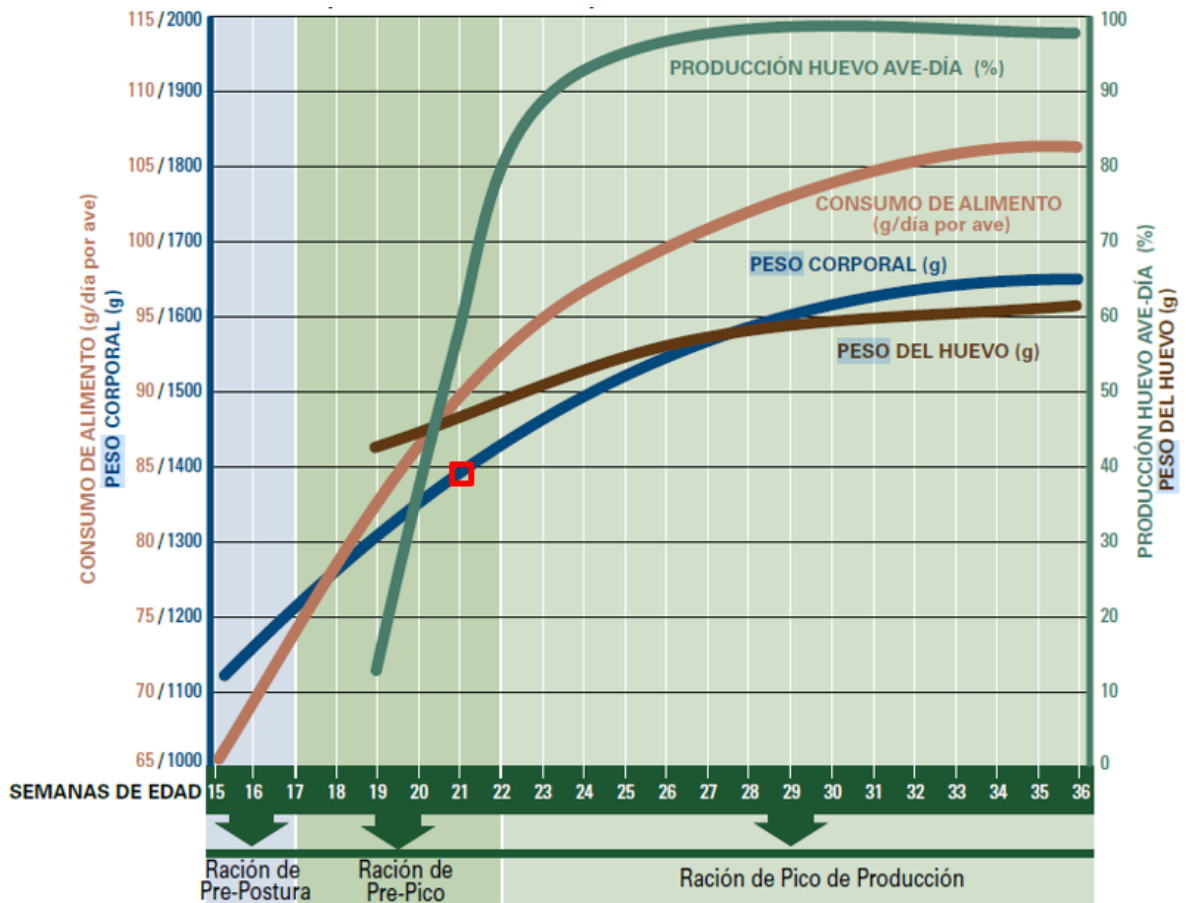
- Cavero Pintado D. 2015. La calidad del huevo en el punto de mira Calidad Externa. Valladolid, España: Ibérica de Tecnología Agrícola; [consultado el 7 de mar. de 2022]. <https://avicultura.info/download/La%20calidad%20del%20huevo%20en%20el%20punto%20de%20mira.pdf>.
- Comunicados Novogen. 2021. Manejo del tamaño del huevo: Nutrición en Producción. [sin lugar]: Novogen ; [consultado el 6 de abr. de 2022]. <https://novogen-layers.com/es/comunicados-novogen/manejo-del-tamano-de-huevo/>.
- Fuente-Martínez B, Mendoza-Martínez GD, Arce-Menocal J, López-Coello C, Avila-González E. 2012. Respuesta productiva de gallinas a dietas con diferentes niveles de proteína. Archivos de Medicina Veterinaria; [consultado el 11 de ago. de 2021]. 44(1):67–74. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/32-proteinas.pdf. doi:10.4067/S0301-732X2012000100010.
- Guía de manejo Novogen white. 2021. Pledran, France: Groupe Grimaud; [consultado el 11 de ago. de 2021]. <https://novogen-layers.com/wp-content/uploads/2021/02/2021-01-Guia-de-manejo-NovogenWhite-ES.pdf>.
- H&N International. 2020. Nick Chick White Egg Layers. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 14 de may. de 2022]. <https://hn-int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick.pdf>.
- Hendrix Genetics. 2020. Guía de nutrición. Boxmeer, The Netherlands: Hendrix Genetics; [actualizado el 9 de abr. de 2022]. <https://www.scribd.com/document/540154894/La-Guia-de-Nutricion-Hendrix-Genetics>.
- Hy-line International. 2019. Guía de Manejo Hy-line W-80: Ponedoras Comerciales Hy-line W-80; [consultado el 6 de abr. de 2022]. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/W-80/80%20COM%20SPN.pdf>.
- Lohmann Breeders. 2020. Lohmann LSL-Lite Layers: Management guide. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://lohmann-breeders.com/media/strains/cage/management/LOHMANN-LSL-Lite-Cage-1.pdf>.
- López L. 2018. Efecto de la formulación por aminoácidos digestibles y diferentes niveles de proteína bruta para gallinas ponedoras sobre el comportamiento productivo. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego; [consultado el 11 de ago. de 2021]. http://200.62.226.186/bitstream/20.500.12759/4386/1/REP_MED.VETE_LITA.LOPEZ_EFECTO.FORMULACI%C3%93N.AMINO%C3%81CIDOS.DIGESTIBLES.DIFERENTES.NIVELES.PROTE%C3%8DNA.BRUTA.GALLINAS.PONEDORAS.COMPORTAMIENTO.PRODUCTIVO.pdf.
- Mercier Y, Dalibard P, Nonis M. 2013. Rhodimet® nutrition guide: Amino Acid Recommendations for feed formulation. [sin lugar]: Adisseo; [consultado el 8 de may. de 2022]. https://www.adisseo.com/wp-content/uploads/eRNG_Flipchart/projet/RHODIMET%C2%AE-NUTRITION-GUIDE-desactivated.pdf.
- Morán A, Vergara-Moreno E. 2020. Nutrition planning for lots of laying hens, using fuzzy linear optimization techniques. Selecciones Matemáticas; [consultado el 11 de ago. de 2021]. 7(1):123–135. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SSMM/article/view/2964/3293>. doi:10.17268/sel.mat.2020.01.11.

- [NRC] National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. Washington D.C.: National Academy Press. xiii, 155 ; (Nutrient requirements of domestic animals). ISBN: 978-0-309-04892-7; [consultado el 11 de ago. de 2021]. <https://www.nap.edu/catalog/2114/nutrient-requirements-of-poultry-ninth-revised-edition-1994>.
- Pérez A. 2013. Influencia de factores nutricionales y de manejo sobre la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias. Cedillo del Condado, Toledo, Spain: Congreso Científico de Avicultura; [consultado el 11 de ago. de 2021]. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/adriano_perez_bonilla.pdf.
- Rodríguez Navarro A. 2021. La cáscara de huevo: Su estructura, su formación y qué factores afectan a su calidad. Navarra, España: Universidad de Granada; [consultado el 7 de abr. de 2022]. https://avicultura.info/download/calidad-cascara-huevo_2.pdf.
- Rostagno HS, Teixeira LF, Hannas MI, Juárez L, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira ML, Borges P, de Oliveira RF, et al. 2017. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 4ª ed. Viçosa, Brazil: Universidad Federal de Viçosa; [consultado el 11 de ago. de 2021]. <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdos-cuarta-edicion-2017-11.pdf>.
- Sakomura NK, Silva EP, Dorigam JCP, Gous RM, St-Pierre N. 2015. Modeling amino acid requirements of poultry. *Journal of Applied Poultry Research*. 24(2):267–282. doi:10.3382/japr/pfv024.
- Salazar Sáenz GY. 2008. Evaluación de la adición de minerales orgánicos vrs. minerales inorganicos, sobre la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras comerciales en jaula. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; [consultado el 9 de abr. de 2022]. <https://core.ac.uk/download/pdf/84773559.pdf>.
- Santomá G, Mateos GG. 2018. Necesidades nutricionales para avicultura: Normas FEDNA. 2ª edición. Madrid, Spain: FEDNA. ISBN: 978-84-09-06529-5; [consultado el 11 de ago. de 2021]. http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_FEDNA_AVES_2018v.pdf.
- Soriano M. 2020. Huevos sucios: causas y soluciones. *Veterinaria Digital*; [consultado el 4 de abr. de 2022]. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/huevos-sucios-causas-y-soluciones/>.
- Tepox Pérez MdlÁ, Fuente Martínez B, Jínez Méndez T, Ávila González E. 2011. Diferentes niveles de energía metabolizable y aminoácidos azufrados en dietas para gallinas Bovans blancas. CDMX, México: Universidad Nacional Autónoma de México; [consultado el 9 de abr. de 2022]. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000400003.

Anexos

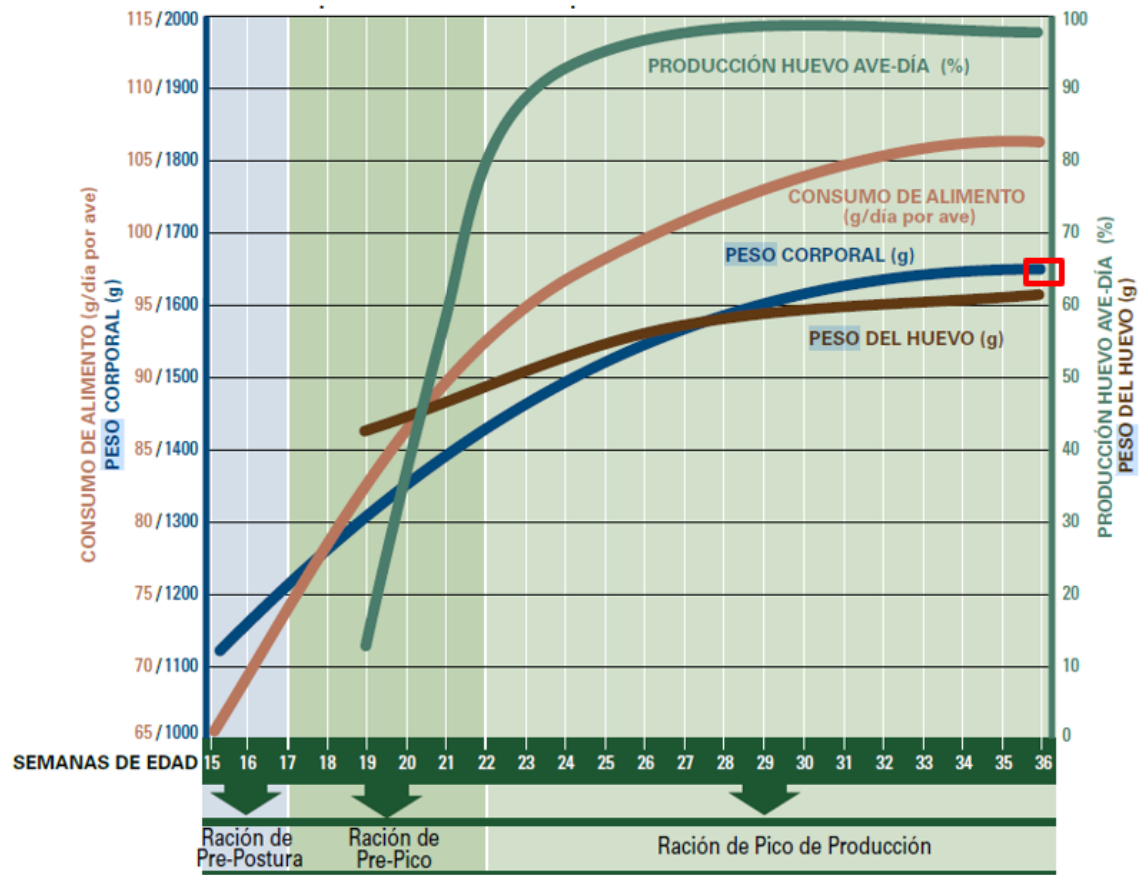
Anexo A

Descripción del peso ideal de la gallina a las 21 semanas de vida.



Anexo B

Descripción del peso ideal de la gallina a las 36 semanas de vida.



Anexo C

Evolución de la resistencia de la cáscara a rotura según la edad de la gallina.

