
Comportamiento productivo y económico de gallinas de postura Hy-Line Brown en semipastoreo con la inclusión de dos tipos de dietas

*Productive and economic behavior of Hy-Line Brown
laying hens in a semi-pastoring system with the
inclusion of two types of diets*

Juan David Patiño Montoya

Estudiante de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Antioquia, Colombia).

Correo electrónico: juanda.montoya@hotmail.com.

Carlos Leonardo Guerra Marín

Magíster en Educación y Desarrollo Humano. Médico veterinario. Zootecnista. Docente de la Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Antioquia, Colombia). Miembro del grupo de investigación Giaz de la misma universidad.
ORCID: [0000-0002-9657-6359](https://orcid.org/0000-0002-9657-6359).

Correo electrónico: cguerra@uco.edu.co.

Jaime Mosquera Gutiérrez

Docente de la Universidad Católica de Oriente.

Correo electrónico: jaime.mosquera.g@gmail.com.

Cómo citar este artículo:

Patiño Montoya, J. D.; Guerra Marín, C. L. & Mosquera Gutiérrez, J. (2020). Comportamiento productivo y económico de gallinas de postura Hy-Line Brown en semipastoreo con la inclusión de dos tipos de dietas. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(46), 127-145.

Resumen

En la producción de huevos de gallinas ponedoras en pastoreo es común el uso de dietas alternativas, las cuales permiten operar a bajo costo. Estas deben formularse de tal manera que garanticen los requerimientos nutricionales de las líneas genéticas. En esta investigación se evaluó el efecto del cambio de la dieta en la séptima semana en dos grupos de gallinas *Hy-Line® Brown*: la dieta 1 se suministró durante las primeras siete semanas, la cual estuvo compuesta en un 25 % por materias primas alternativas y en un 75 % de alimento balanceado comercial (ABC); la dieta 2 se suministró desde la séptima hasta la onceava semana, se compone en 25 % por materias primas alternativas y en un 75 % de alimento balanceado formulado en la explotación avícola. Durante once semanas se midió el peso del huevo, el peso del ave, el porcentaje de postura y la relación costo-beneficio (RBC). Los grupos se diferenciaron por la edad de inicio del experimento (lote 1 con gallinas de 71 semanas de edad y lote 2 con gallinas de 50 semanas de edad). Por medio de modelos GAMLSS (*generalized additive model for location scale and shape*) se demostró que no existe diferencia significativa en el peso del huevo y en el peso del ave debida al cambio de dieta. Una prueba de significancia para comparación de proporciones determinó que el lote 1 presentó una disminución significativa en el porcentaje de postura desde la séptima semana hasta la onceava, generando un aumento en la relación costo-beneficio. Estos hallazgos sugieren que la edad del ave tiene mayor influencia que el cambio de dieta en la disminución del porcentaje de postura.

Palabras clave

Dieta alternativa, GAMLSS, Costo-beneficio.

Abstract

In the production of eggs from pasture laying hens, the use of alternative diets is common, which allow operating at low cost. These must be formulated in such a way as to guarantee the nutritional requirements of the genetic lines. In this investigation, the effect of the change of diet in the seventh week in two groups of *Hy-Line*[®] *Brown* hens was evaluated: diet 1 was supplied during the first seven weeks, which was 25 % composed of alternative raw materials and in 75 % of commercial balanced feed (ABC); diet 2 was supplied from the seventh to the eleventh week, it consists of 25 % alternative raw materials and 75 % of balanced feed formulated on the poultry farm. During eleven weeks, the egg weight, the weight of the hen, the percentage of egg production and the cost-benefit ratio (RBC) were measured. The groups were differentiated by the starting age at the beginning of the experiment (Lot 1 with 50-week-old hens, Lot 2 with 71-week-old hens). By means of GAMLSS models (generalized additive model for scale of location and shape) it was shown that there are no significant differences in egg weight and in hen weight due to diet change. A significance test for comparison of proportions determined that lot 1 presented a significant decrease in the laying percentage from the seventh week to the eleventh, generating an increase in the cost-benefit ratio for the same lot increases. These findings suggest that the age of the hen has greater influence than the change of diet in reducing the percentage of egg production.

Key words

Alternative diet, GAMLSS, Cost-benefit.

Introducción

El huevo es uno de los productos más consumidos por el ser humano por su alta cantidad en proteínas y por su alto valor nutricional (Montoya, Velásquez, Mejía, Molina y Marín 2012). Debido al incremento en el consumo de este producto, el sector avícola ha venido registrando un importante crecimiento dentro de la economía nacional. Durante el año 2015 la producción de huevo mostró un aumento del 5,3 %, con una cifra de 12 100 millones de huevos (más de 700 000 toneladas), alcanzando el negocio avícola a nivel nacional una cifra de \$14,8 billones (MinAgricultura, 2017). El consumo per cápita de huevo ha crecido en un 69 % y la proyección de aumento del año 2017 con respecto a 2016 es del 3,4 % (FENAVI, 2017). Así, entonces, el reto consiste en que el país pueda ser competitivo con la producción de huevos de buena calidad a un bajo costo, lo cual se logra con sistemas de producción de fácil manejo y poco dependientes de insumos externos (Soler y Fonseca, 2011).

Según North y Bell (1993) la producción mundial de huevo, tradicionalmente, se ha basado en sistemas intensivos, los cuales se caracterizan por tener una gran inversión inicial de equipos e infraestructura. Este hecho representa un obstá-

culo para aquellos que quieran incursionar en el sector, como los pequeños productores. Por otro lado, las condiciones de bienestar animal han sido cuestionadas en muchos países por el alto hacinamiento en jaulas, que no permiten el libre comportamiento de las aves, razón por la cual se presenta como alternativa la explotación en *traspatio*; esta se desarrolla con baja inversión inicial (Benjumea y Gómez, 2010), y se complementa con el uso de recursos alimenticios alternativos que pueden sustituir o reemplazar parcialmente el alimento balanceado comercial (Romero, Valdiviezo y Osorio, 1999).

En Colombia, los alimentos más utilizados en la cría de aves en *semipastoreo* son el alimento balanceado comercial (ABC), la lombriz roja californiana, el maní forrajero (*Arachis pintoi*), el maíz (*Zea mays*), la hoja de quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), la yuca (*Manihot sculenta*), el plátano guineo (*Musa paradisiaca*), la soya integral (*Glycine max*) y algunos pastos, todos ellos con diversos porcentajes de inclusión en la dieta de las aves (Ochoa-Moreno, 2001). El alimento concentrado es reemplazado gradualmente por subproductos de cosecha (hasta en un 50 %), a medida que las aves desarrollan su sistema digestivo y aumenta la disponibilidad de subproduc-

tos por las cosechas recogidas. Esto disminuye los costos de producción mientras que las aves se mantienen en buena condición corporal, es decir, no presentan señales de desgaste ni desnutrición y su porcentaje de postura es bueno (Soler y Fonseca, 2011).

La línea *Hy-Line® Brown* es de origen alemán, reconocida por ser de aves ponedoras de huevo marrón, por producir en diferentes condiciones climáticas, por su rusticidad y por tener pocos problemas sanitarios que hacen que la rentabilidad de esta línea sea superior a otras en cuanto al consumo de alimento, cantidad y peso de huevos (Pronavícola, 2017).

El objetivo de esta investigación es evaluar dos dietas en diferentes edades de producción de gallinas *Hy-Line® Brown* en condición de semipastoreo, midiendo el desempeño del peso del ave, peso del huevo, porcentaje de postura e impacto económico de cada dieta.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en una producción comercial de gallinas en pastoreo *La Granja de Anita*, ubicada en el municipio de El Carmen de Viboral, departamento de Antioquia (Colombia) (6° 03' 15,1" N / 75° 23' 20" W) en zona bosque húmedo montano bajo (BH Mb) (Pomar y Vargas, 1985); con una temperatura media de 17 °C, una altura de 2150 m s. n. m. y precipitación de 2304 mm; el trabajo se realizó entre los meses de mayo y de julio del año 2017.

Se utilizaron dos lotes de aves de la línea *Hy-Line® Brown*: el lote 1 (L1) con 195 aves y 71 semanas de edad, y el lote 2 (L.2) con 95 aves y 50 semanas de edad, ambos alojados en galpones construidos en guadua y cada uno con un área de pastoreo de 300 m².

El experimento se realizó durante 11 semanas, distribuido de la siguiente manera: Tratamiento uno (T1): durante las primeras 6 semanas se suministró a ambos lotes un alimento compuesto en un 75 % por ABC y un 25 % compuesto por materias primas alternativas, de residuos de hortalizas, hojas de plátano (*Musa paradisiaca*), botón de oro (*Titonia diversifolia*) y morera (*Morus alba*). Tratamiento dos (T2): a partir de la séptima semana se realizó el cambio de alimento a los dos lotes, reemplazando el 75 % de ABC con un alimento alternativo formulado en la explotación avícola (tabla 1); conservando el mismo 25 % de las materias primas alternativas usadas en el T1.

Tabla 1. Composición del alimento formulado en la explotación.

<i>Ingredientes</i>	<i>Cantidad</i>
Sal	0,4 %
Carbonato de calcio	6,2 %
Fosfato dicálcico (Biofos)	1,0 %
Germen de malta	4,0 %
Torta de soya	14 %
Maíz molido	20 %
Harina de maíz	10 %
Harina de yuca	4,0 %
Torta de palmiste	5,0 %
Harina de carne	5,0 %
Lisina	0,1 %
Biomix postura	1,3 %
Mogolla de trigo	3,0 %
Harina de arroz	11,0 %
Salvado de trigo	15,0 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Análisis bromatológico de las dietas.

Componente	Alimento	
	Formulado	Comercial (ABC)
Proteína	14,12 %	15,0 %
Calcio	3,0 %	3,0 %
Fósforo	0,45 %	0,45 %
Grasa	4,59 %	2,50 %
Fibra	6,92 %	6,0 %
Cenizas	12,45 %	15,0 %
Humedad	8,90 %	3,0 %

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la influencia de los tres factores (lote, dieta y semana) sobre el peso vivo y el peso del huevo, se optó por el uso de un GAMLSS. Esto debido a que si bien inicialmente el experimento se diseñó con dos factores de bloqueo (la dieta es el factor estudiado, el lote y las semanas son los factores de bloqueo), en el caso del peso vivo, el modelo de efectos fijos tuvo homocedasticidad, pero careció de normalidad en los residuales. Mientras que, el peso del huevo no presentó ni homocedasticidad ni normalidad en los residuales (tabla 3). Razones por las cuales no considero un análisis de varianza y en general cualquier inferencia derivada de los modelos de efectos fijos (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2008).

Tabla 3. Normalidad y homocedasticidad para peso vivo y peso del huevo.

Variable	Prueba	
	SW*	BP**
Peso Vivo	0,0017	0,3774
Peso del huevo	2,30E-08	2,54E-05

*SW=Shapiro-Willk, **BP=Breusch-Pagan

Fuente: Elaboración propia.

Los modelos GAMLSS no exigen normalidad, ya que suponen observaciones independientes (y_i) con una función de densidad de probabilidad condicional $f(y_i | \theta_i)$, donde θ_i es un vector de parámetros. Las distribuciones ajustadas en estos modelos son comúnmente de cuatro parámetros ($\theta=(\mu, \sigma, \nu, \tau)$), de los cuales μ y σ son de escala y localización, respectivamente, mientras que ν y τ son de forma y no presentan significado explícito (Rigby y Stasinopoulos, 2005).

$$g_1(\mu) = X_1\beta_1 + \sum_{j=1}^{J_1} Z_{j1}\gamma_{j1} \quad (1)$$

$$g_2(\sigma) = X_2\beta_2 + \sum_{j=1}^{J_2} Z_{j2}\gamma_{j2} \quad (2)$$

$$g_3(\nu) = X_3\beta_3 + \sum_{j=1}^{J_3} Z_{j3}\gamma_{j3} \quad (3)$$

$$g_4(\tau) = X_4\beta_4 + \sum_{j=1}^{J_4} Z_{j4}\gamma_{j4} \quad (4)$$

Donde μ , σ , v y τ son vectores de longitud; n , β_i es el vector de parámetros; X_i es la matriz de diseño; γ_{ji} es una variable dimensional aleatoria con distribución normal y Z_{ji} es una matriz identidad $n \times n$.

En primera instancia se utilizó un procedimiento de bondad de ajuste marginal para determinar las distribuciones que mejor se ajustan al comportamiento de los datos. Posteriormente, se realizó un proceso de selección de variables independientes con un proceso *backward*, con base en el AIC (criterio de información de Akaike) para 12 distribuciones seleccionadas en el apartado anterior. El modelo completo usado fue aquel que contenía los tres factores, es decir, la selección del modelo adecuado para cada una de las variables se realizó con dos criterios:

- a) Criterio bayesiano de Schwarz (SBC): es una medida de la calidad relativa del modelo. Se elige porque presenta una mayor penalización debida al número de observaciones del modelo (Schwarz, 1968).
- b) *Worm plots*: son gráficas que permiten determinar la adecuación de los residuales del modelo GAMLSS.

Los porcentajes de postura semana a semana se compararon a partir de una prueba de significancia para la diferencia de proporciones entre los dos lotes. Esta prueba es paramétrica, ya que se tiene una cantidad de aves tal que es razonable una aproximación binomial a normal. Finalmente, se evaluó el comportamiento económico de los dos lotes durante toda la ventana de observación. Como indicador económico se calculó la relación costo-beneficio semanal, dada por la siguiente expresión:

$$RCB_i = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{C \cdot n_{aves} \cdot V_{Al,i}}{n_h \cdot V_h}$$

- RCB_i es la relación costo-beneficio de la dieta i , con $i = T1, T2$
- C es el consumo semanal. Su valor es de 78 g/día/ave . Esta variable fue controlada, por lo cual se considera como parámetro.
- n_{aves} y n_h son el número de aves y el número de huevos semanales respectivamente.
- $V_{Al,i}$ es el costo del gramo de alimento de la dieta i , $V_{Al,T1} = 1.375 \text{ COP/g}$, y $V_{Al,T2} = 1.100 \text{ COP/g}$.
- V_h es el precio unitario de un huevo, que ronda los 333 COP .

Resultados y discusión

Peso vivo

Luego de explorar 12 distribuciones posibles para el peso vivo, teniendo en cuenta el AIC y el SBC se identificaron cuatro con mejores ajustes. Gamma inversa, gaussiana inversa, gamma y gamma generalizada, estos modelos se obtuvieron a partir del proceso *backward*, lo cual permite obtener el conjunto de variables explicativas. De los cuatro modelos que mejor se ajustaron, el modelo con distribución gamma inversa tuvo un *worm plot* más aceptable, es decir tuvo más puntos dentro de las hipérbolas (Figura 1), además de una menor calidad relativa (SBC=3232.001; AIC=3235.740) y dos parámetros, por lo cual se seleccionó este modelo.

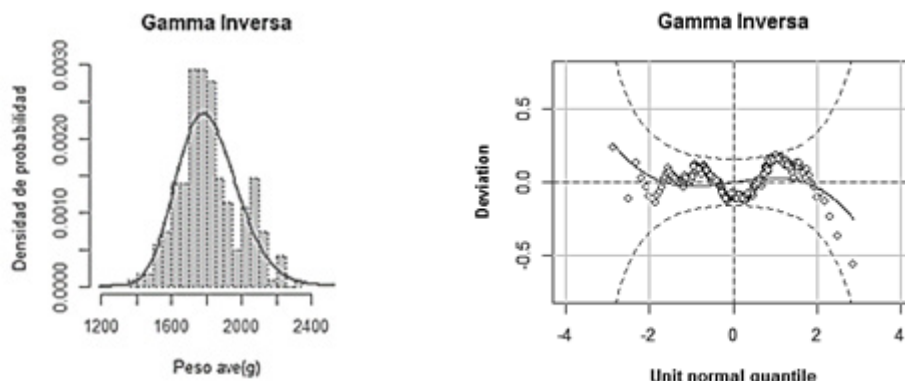


Figura 1. Pruebas de bondad de ajuste de distribución y *worm plots* del modelo gama inversa, para la variable peso vivo.

Fuente: Elaboración propia.

Según Pronavícola (2017), en general el peso de las gallinas *Hy-Line® Brown* no varía en gran medida entre las semanas 50 y 70 de edad el cual oscila entre 1,89 y 2,03 kg. Aunque el modelo logró detectar diferencias significativas en el peso vivo entre los lotes (los cuales se diferencian por la edad de inicio), el valor del efecto evidencia que dicha diferencia tiene una magnitud relativamente baja, de tan solo 0,05 kg (Tabla 4). En otras palabras, se puede decir que hubo significancia estadística, más no biológica o productiva.

Tabla 4. Modelo para el peso vivo, ajustado con una distribución gamma inversa. Comparado con respecto a L1 y T1

Modelo para log(μ)	Estimado	Error estándar	Valor t	Valor-p
Intercepto	7,48	0,01	790,56	< 2E-16
L2	0,05	0,01	4,08	6,23E-05
T2	-0,03	0,01	-2,52	00125
Modelo para log(σ)	Estimado	Error estándar	Valor t	Valor-p
Intercepto	-2,395	0,045	-53,19	< 2E-16

Fuente: Elaboración propia.

El cambio de la dieta de T1 a T2 generó una disminución en el peso del ave. Al contrastar dicho resultado con los *boxplot* (2a) y con el modelo (tabla 4), se observa que la dieta correspondiente a T2 generó una caída en el peso vivo de L2, aunque la magnitud del efecto es pequeña (la disminución es de 0,03 kg). Experimentos que consisten en la implementación de sistemas de pastoreo similares al de esta investigación han logrado demostrar que dichos sistemas mejoran la ganancia de peso (Benjumea y Gómez, 2010); sin embargo, en este caso ambos lotes se encuentran por debajo de la línea base mencionada en la guía de manejo, dado que se tiene un consumo de alimento controlado.

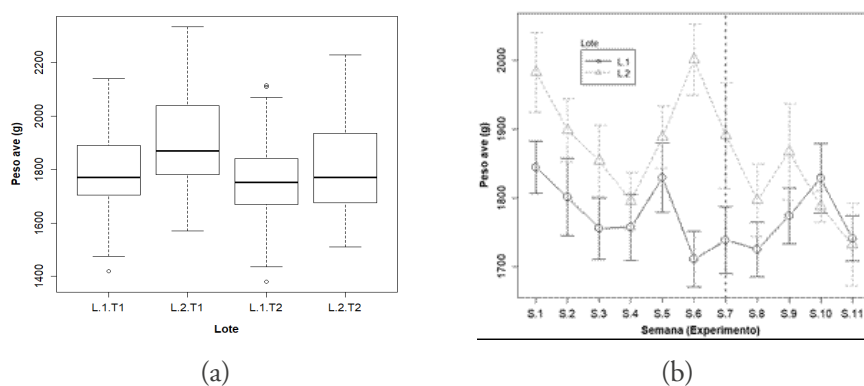


Figura 2. (a) Boxplot para el peso vivo; (b) Evolución semanal del peso vivo, la línea punteada vertical corresponde a la semana en la cual se cambió la dieta. Fuente: Elaboración propia.

Peso del huevo

De manera similar al peso vivo, se exploraron 12 distribuciones posibles para el peso del huevo, y se seleccionaron los cuatro mejores modelos según el AIC y el SBC de acuerdo con la distribución utilizada, estos fueron: gaussiana exponencial, *box cox cole* y *green*, gamma generalizada y *box cox t*. Estos modelos se obtuvieron luego del proceso *backward*. El modelo con distribución exponencial gaussiana tiene el menor SBC (1633,419) y AIC 1599,99, además de un *worm plots* de mejor comportamiento, por lo que se seleccionó este modelo (Figura 3)

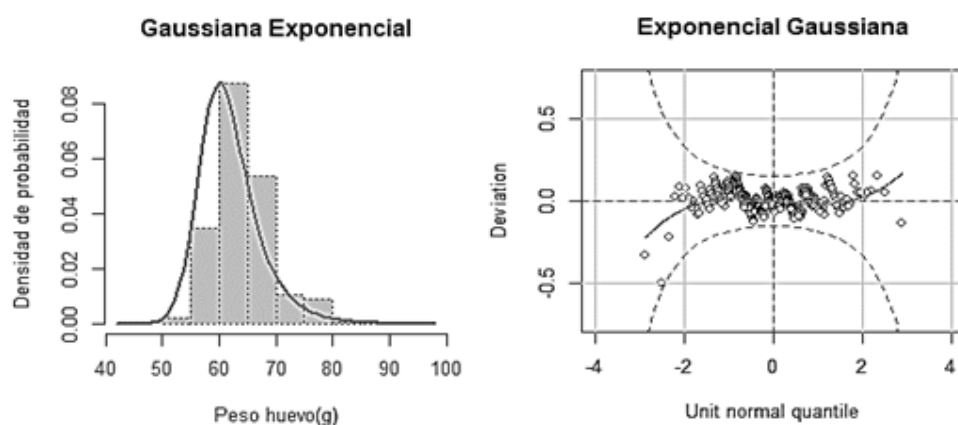


Figura 3. Pruebas de bondad de ajuste de distribución y *worm plots* exponencial gaussiana, para la variable peso del huevo. *Fuente:* Elaboración propia.

Se encontró que para el peso del huevo el factor semana es significativo, algunas de las semanas que presentan picos de producción son detectadas como aquellas que generan diferencia significativa en el peso del huevo. Tal es el caso de las semanas experimentales 2, 5, 6 y 10 (Figura 4b). Por otro lado, se evidencia la uniformidad de los huevos producidos en la granja (Figura 4a). Los resultados para el peso del huevo son coherentes con los hallazgos de Berrío y Cardona (2001), quienes implementaron una dieta alternativa y no encontraron diferencia significativa en dicho indicador para porcentajes de inclusión de la dieta alternativa del 25 %, la cual estaba compuesta por un 15,05 % de proteína, comparado con 14,12 % empleado en la dieta de esta investigación.

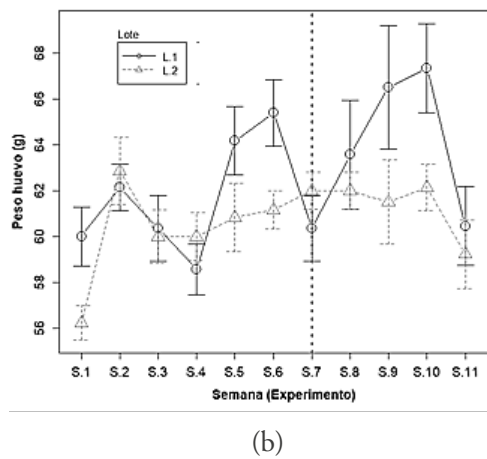
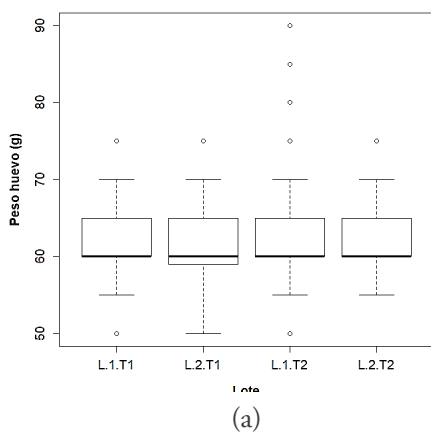


Figura 4. (a) Boxplot para el peso del huevo, (b) Evolución semanal del peso del huevo. La línea punteada azul vertical corresponde a la semana en la cual se cambió la dieta.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Modelo para el peso del huevo, ajustado con una distribución exponencial gaussiana.

Modelo para $\log(\mu)$	Estimado	Error Estándar	Valor t	Valor-p
Intercepto	55,830	1,321	42,279	< 2e-16
S.10	3,859	1,606	2,404	0,017
S.11	-0,222	1,614	-0,137	0,891
S.2	3,816	1,496	2,551	0,011
S.3	1,346	1,496	0,900	0,369
S.4	0,696	1,517	0,459	0,647
S.5	3,338	1,545	2,160	0,032
S.6	4,268	1,503	2,839	0,005
S.7	1,391	1,624	0,857	0,392
S.8	2,372	1,640	1,446	0,150
S.9	1,932	1,840	1,050	0,295

Modelo para log(σ)	Estimado	Error Estándar	Valor t	Valor-p
Intercepto	1,166	0,094	12,420	<2e-16
Modelo para log(v)	Estimado	Error Estándar	Valor t	Valor-p
Intercepto	1,305	0,192	6,786	8,54E-11
L2	-0,498	0,176	-2,838	0,005
T2	0,457	0,221	2,065	0,040

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de postura

A un nivel de significancia del 5 %, se encontró que la dieta no causa efecto en el porcentaje de postura comparada semana a semana entre lotes, por lo que la dieta alternativa se constituye en una opción viable en este tipo de producción, pues genera igual postura que el alimento comercial (tabla 6).

Tabla 6. Comparación de los porcentajes de postura semana a semana entre lotes (prueba para la diferencia de dos proporciones).

Dieta	Semana Experimento			% Postura L1	% Postura L2	
T1	S.1	195	95	79	69	0,0623
	S.2	195	95	71	70	0,8606
	S.3	195	95	78	73	0,3469
	S.4	195	95	73	68	0,3767
	S.5	195	95	73	68	0,3767
	S.6	195	95	82	79	0,5409
T2	S.7	160	80	76	79	0,6026
	S.8	160	80	67	68	0,8763
	S.9	160	80	56	64	0,2355
	S.10	160	80	50	59	0,1879
	S.11	160	80	50	61	0,1072

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de observar la persistencia de postura de las gallinas en semipastoreo, se realizó una comparación del efecto de la dieta dentro de cada lote. Se encontraron diferencias significativas en el L1 a partir de la segunda semana. Mientras que en el L2 que estuvo conformado por aves más jóvenes, se presentaron diferencias en la quinta semana de aplicación (S.6 vs. S.11) (tabla 7).

En la producción de gallinas ponedoras, la producción de huevos decae luego de la primera etapa de postura, que se presenta en la semana 33 (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009). En este sentido, se encontró que los lotes presentaron un porcentaje de postura inferior al de referencia del manual de manejo para esta línea, según la edad de las gallinas que fueron usadas en el estudio (de la semana 50 a la 80), la caída de postura debió de ser del 89 % hasta 75 %, aproximadamente (Pronavícola, 2017). Sin embargo, para L1, se presentó una caída significativa, que fue desde el 78 % hasta el 67 % a partir de la semana 78, y en adelante, hasta la semana 80, disminuyó en un 17 % (ver Figura 8a). Mientras que en el L2 no se presentaron diferencias significativas, esto atribuido por una parte al tamaño de muestra (L1=195aves; L2=95aves) y, por otro lado, a la edad de las aves, pues, probablemente, las aves más jóvenes se adaptan mejor al cambio de dieta y no se afecta la persistencia (L1=71semanas; L2=50semanas). La diferencia que se encontró entre lotes no puede ser atribuible a la dieta, dado que ambos lotes estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales. Aunque la baja persistencia encontrada en ambos lotes, con respecto a los valores de referencia, se puede atribuir a la dieta, ya que esta contiene en un 25 % materias primas que contienen carbohidratos estructurales.

Tabla 7. Comparación de los porcentajes de postura entre tratamientos dentro de un mismo lote (prueba para la diferencia de dos proporciones).

Lote	Semana Experi- mento			% Postura T1	% Postura T2	
	S.2 vs. S.7	195	160	71 %	76 %	0,2896
	S.3 vs. S.8	195	160	78 %	67 %	0,0201 *
L1	S.4 vs. S.9	195	160	73 %	56 %	8,00E-04 *
	S.5 vs. S.10	195	160	73 %	50 %	8,31E-06 *
	S.6 vs. S.11	195	160	82 %	50 %	1,47E-10 *

	S.2 vs. S.7	95	80	70 %	79 %	0,1757
	S.3 vs. S.8	95	80	73 %	68 %	0,4693
L2	S.4 vs. S.9	95	80	68 %	64 %	0,5774
	S.5 vs. S.10	95	80	68 %	59 %	0,2169
	S.6 vs. S.11	95	80	79 %	61 %	0,0091 *

Fuente: Elaboración propia.

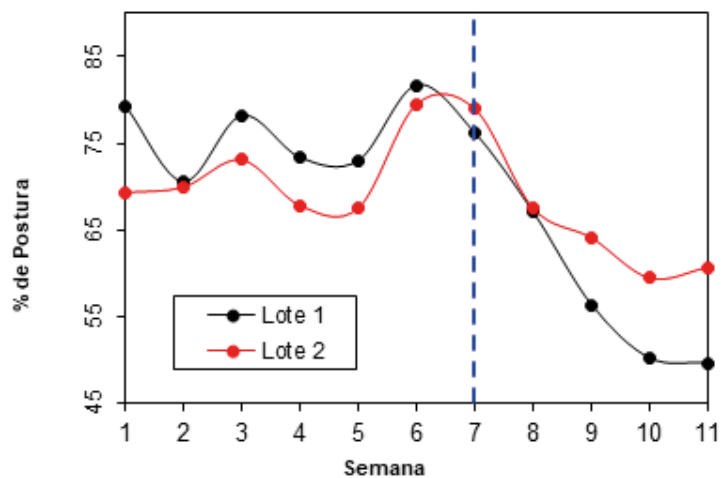


Figura 8. (a) Porcentaje de postura para ambos lotes.

Fuente: Elaboración propia.

Relación costo beneficio

Las dietas orgánicas se implementan para conseguir el bienestar animal, conseguir un producto con un valor agregado, evitar el impacto negativo en la salud humana y para reducir los costos de producción, ya que se formulan con recursos más asequibles y de menor costo.

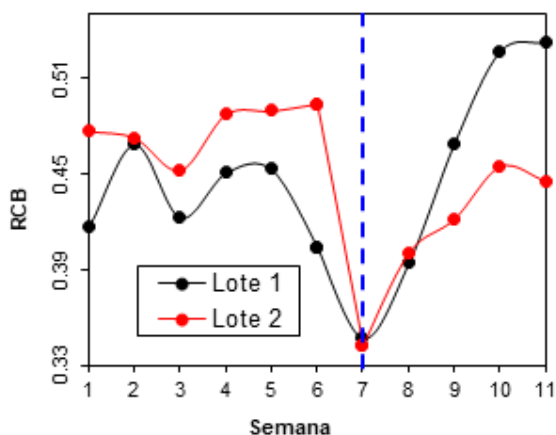


Figura 9. Relación costo-beneficio. Fuente: Elaboración propia.

La línea punteada vertical corresponde a la semana en la cual se cambió la dieta. Se encontró que en el lote 2, el cambio de dieta produjo una disminución del 8 % en la relación costo-beneficio, esto debido a que el beneficio depende del número de huevos producidos semanalmente, mientras que el costo es constante ya que depende del consumo, que fue controlado. Por lo tanto, se presentó en el Lote 2 una menor caída en el porcentaje de postura y al ser el consumo constante (controlado), lo que significa un mayor número de huevos y por lo tanto un mayor beneficio.

Por otro lado, en el lote 1, el cambio en la dieta provocó un aumento en la relación costo beneficio en un 23,3 %, por la producción de menos huevos, lo cual implica que el beneficio disminuyó en la misma proporción.

Conclusiones

La dieta alternativa no genera una disminución significativa en el peso de las gallinas, respecto a la dieta con alimento balanceado comercial utilizado en la finca. Aunque en el peso del huevo se presentan diferencias significativas según la edad de producción del ave, estas corresponden a un comportamiento aleatorio que se caracteriza por ocurrir ocasionalmente en algunas de las semanas en la ventana de observación. No hay diferencias significativas asociadas a un comportamiento sistemático ocasionado por el cambio de dieta.

El porcentaje de postura entre lotes, comparados durante el mismo periodo de tiempo, no mostró diferencia significativa. En otras palabras, la edad de inicio (el factor lote) no influye en el porcentaje de postura pues ambos lotes tuvieron una disminución del número de huevos producidos, si se les compara entre sí. Por otro lado, se observa una disminución significativa en el porcentaje de postura dentro del L1, en particular, se evidencia que la producción cae a partir de la semana 78 (semana experimental 8). A pesar de la diferencia en la edad de inicio del experimento de los lotes, si se comparan los resultados con la curva de referencia, en L1 se observa una caída significativa, que se aparta de la curva de producción típica. Dado que el nivel de proteína entre dietas no es significativamente diferente, dicho comportamiento no se le atribuye a la dieta implementada. Las diferencias observadas en el L2 se atribuyen a un evento casual, dado que solo se presentan en la última semana.

La relación costo-beneficio disminuyó para el L2, mientras que aumentó para el L1. Esto se debe a la evolución del porcentaje de postura mencionado anteriormente. Ambos resultados sugieren que la edad tiene mayor influencia que la dieta implementada en la RCB, pero se requiere de modelación estadística para confirmar este hecho.

Recomendaciones

Se recomienda usar una dieta diferente por cada lote, durante toda la ventana de observación para evitar el efecto de arrastre (efecto *carry-over*) (Cerón-Muñoz, Galeano Vasco y Restrepo Betancur, 2013).

Referencias bibliográficas

Barrotea, A. C. (2008). *El huevo y sus componentes como alimento*. Madrid. Recuperado de: <https://dieteticaieselgetares.files.wordpress.com/2014/09/huevo-alimento-funcional.pdf>.

Benjumea, C. y Gómez, J. (2010). Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown en tres modelos de producción: piso, jaula y pastoreo. (Trabajo de grado, Univer-

-
- sidad de La Salle). Recuperado de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1124&context=zootecnia>.
- Berrío, A. M. y Cardona López, M. G. (2001). Evaluación productiva de una dieta alternativa como reemplazo parcial de concentrado comercial en aves de postura. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 14(2). 155-163. Recuperado de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323762>.
- Castañeda, B. C. y Gómez, J. E. (2010) Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown en tres modelos de producción: piso, jaula y pastoreo. *Revista Ciencias Animales*, (3), 9-22.
- Cerón-Muñoz, M., Galeano Vasco, L. y Restrepo Betancur, L. (2013). Efectos de arrastre de los tratamientos previos. En M. F. Cerón-Muñoz, L. F. Galeano Vasco y L. F. Restrepo Betancur, *Modelación aplicada a las ciencias animales* (pp. 97-98). Medellín: Biogénesis.
- Colombia. Ministerio de Agricultura. (2017, 1 de noviembre). *Indicadores del sector avícola*. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/002 - Cifras Sectoriales/BULLETS FENAVI MINISTRO.pdf>.
- Fenavi. (2017). Perspectivas avícolas. *Avicultores*. Recuperado de: <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/revista-246.pdf>.
- García-Trujillo, R., Berrocal, J., Moreno, L. y Ferrón, G. (2009). *Producción ecológica de gallinas ponedoras*. Recuperado de: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/GALLINAS_PONEDORAS_ok.pdf
- Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2.^a ed.). México.
- Montoya, C., Velásquez, D. M., Mejía, K., Molina, L. y Marín, M. A. (2012). Productividad de los sistemas de gallinas ponedoras en pastoreo. En Universidad de Antioquia, 2012, p. 1-7. Recuperado de https://marthanellymesag.weebly.com/uploads/6/5/6/5/6565796/gallinas_en_pastoreo.pdf.
- North, M. O. y Bell, D. D. (1993). Manual de producción avícola. [Traducido al español de inglés]. México.
-

-
- Ochoa-Moreno, D. A. (2001). Concentrado balanceado. En D. A. Ochoa-Moreno, *Anotaciones sobre un sistema de producción avícola en pastoreo* (pp. 32-33). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9189/>.
- Pomar, J. y Vargas, G. C. (1985). Estudio preliminar para determinar las diferentes zonas de vida en el departamento de Tolima según el sistema Holdridge. (Trabajo de Grado), Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia
- Pronavícola. (2017). Guía de manejo ponedoras. Recuperado de Pronavícola: <http://www.pronavicola.com/contenido/ponedoras>.
- Rigby, R. y Stasinopoulos, D. (2005). Generalized additive models for location, scale. *Applied Statistics*, 54(3). 507-554. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9876.2005.00510.x>.
- Romero, R., Valdiviezo, G. y Osorio, L. (1999). Alternativas de alimentación sostenible en la producción avícola. Trabajo presentado en Primer Seminario Internacional sobre Avances en Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad de Antioquia, Medellín.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461-464. DOI: <http://dx.doi.org/10.1214/aos/1176344136>.
- Soler, F. y Fonseca, C. (2011). Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina. Propuesta de un modelo para pequeños productores. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 2(1). 29-43. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.22490/21456453.914](https://doi.org/10.22490/21456453.914).
-