



Óptimo técnico y económico en producción y peso de huevo de gallinas Lohmann Brown

Technical and Economic Optimum on Production and Egg Weight of Lohmann Brown hens

Samuel Rebollar-Rebollar¹ <https://orcid.org/0000-0002-2906-0571>

Héctor Hugo Velázquez-Villalva <https://orcid.org/0000-0003-0403-2889>

Juencio Hernández-Martínez <https://orcid.org/0000-0001-7864-5595>

Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario UAEM Temascaltepec, México.
Km. 67.5 carretera Toluca-Tejupilco. Colonia Barrio de Santiago s.n.
Temascaltepec, Estado de México. C.P. 52300
Autor de correspondencia: srebollarr@uaemex.mx

Recibido: 26 de febrero de 2024

Aceptado: 14 de marzo de 2024

Publicado: 22 de abril de 2024

Resumen

Objetivo. Se determinó el óptimo técnico y económico en producción de huevo y peso de huevo de gallinas durante 2022, basado en dos funciones. **Materiales y métodos.** Se utilizaron dos funciones de producción con 72 aves, distribuidas en 24 módulos. En la primera función, la variable dependiente fue el peso del ave y la independiente el consumo de alimento; en la segunda función, la dependiente fue el peso del huevo y la independiente el consumo de alimento. **Resultados.** A nivel de módulo, el óptimo técnico en huevo fue 29.83 kg, 59.13 kg/alimento y ganancia de 839.75 pesos/semana, el óptimo económico 29.82/kg de huevo, 59.04 kg/alimento y ganancia de 840.06 pesos. En peso del huevo el óptimo técnico fue 63.53 g, 118.18 gramos de alimento, ganancia de 1 853

Abstract

Objective. The technical and economic optimum in hen egg production and weight was determined for 2022 based on two functions. **Material and methods.** Two production functions were used, with 72 birds distributed in 24 spaces. In the first function the dependent variable was the weight of the bird, and the independent variable was the feed consumption; In the second function, the dependent function was the weight of the egg and the independent was the consumption of food. **Results.** At the module level the technical optimum in egg production was 29.83 kg per module, 59.13 kilograms of feed and a profit of 839.75 pesos/week; the economic optimum was 29.82 kilograms of eggs, 59.04 kg/feed and a profit of 840.06 pesos per week. In egg weight, the

pesos por huevo; el óptimo económico en huevo fue 63.44 g, 117.23 gramos de alimento y ganancia de 1 858 pesos. **Conclusiones.** La máxima producción de huevo y peso de huevo/módulo/semana no significa la máxima ganancia en dinero para el avicultor.

Palabras clave

Huevo, máxima ganancia, máximo peso, optimización.

technical optimum was 63.53 grams, 118.18 grams of feed and a profit of 1 853 pesos per egg; the economic optimum was 63.44 grams, 117.23 grams of feed and a profit of 1 858 pesos. **Conclusion.** The maximum production and weight of eggs does not mean the maximum profit in money for the poultry farmer.

Keywords

Egg, maximum gain, weight maximum, optimization.

Introducción

En México, el subsector pecuario incorpora la producción de carnes de ave, bovino y cerdo; de éstas, la de bovino resalta como la primera por su contribución al valor de la producción y las aves por su aportación tanto al volumen nacional producido (62.90%) como al de proteína total (55.40%) (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2022; Unión Nacional de Avicultores, 2022), tales actividades productivas, específicamente la producción de carne de ave, bajo cualquier sistema de producción requieren de la utilización tanto de insumos fijos e insumos variables como de materias primas para generar bienes económicos útiles al consumidor (Nicholson y Snyder, 2015; Rosas y Lerdón, 2018; Rebollar *et al.*, 2022).

En 2021, de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción avícola en México fue 6.77 millones de toneladas (t), 54.06% correspondió a carne de pollo, 44.97% huevo y el resto a carne de pavo, auspiciada principalmente por Veracruz, Aguascalientes, Querétaro, La Laguna (Coahuila) y Jalisco (51.50% en carne de pollo) y por Jalisco, Puebla, Sonora, La Laguna y Yucatán, en producción de huevo (85.60% del total nacional) (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2022; Unión Nacional de Avicultores, 2022).

Al igual que otras industrias del sector agroalimentario, la producción de carne de pollo y huevo depende, en gran medida, de la eficiencia técnica y eficiencia económica (Miñón *et al.*, 2006; Mohammed *et al.*, 2021), ambas correlacionadas con la cantidad utilizada de insumo variable (alimento) que genere; por un lado, el volumen de producción mayor, término que se conoce como nivel óptimo técnico (NOT) y, por otro, la ganancia en dinero más alta, llamado nivel óptimo económico (NOE) (Rebollar *et al.*, 2014; Rebollar *et al.*, 2022).

En confinamiento o sistema de producción intensivo, tanto en producción como en peso del huevo de gallinas de postura, se registran las mejores características con relación al sistema semiintensivo y al aire libre, en el sentido de que en cantidad de huevo se produce más y su peso es mayor, en contraste a los sistemas restantes (Romo *et al.*, 2022). Por tanto, pese a que se da realce a la producción de huevo al aire libre en México (y en el mundo), por situaciones asociadas a lo orgánico, el consumo de huevo producido bajo

condiciones de producción intensivas y con el uso de los recursos disponibles continúa prevaleciendo (Mendoza *et al.*, 2016).

Durante el proceso productivo, el avicultor tiende a maximizar la producción como una función tanto de la cantidad como de los precios de los insumos y precios del producto, en la creencia que entre más produzca la ganancia en dinero será mayor, situación que no es del todo cierta, pues el enfoque de la teoría microeconómica afirma que no siempre la máxima producción significa obtener la máxima ganancia en dinero (Rebollar *et al.*, 2014; Itza, *et al.*, 2016), es por ello que el objetivo de este trabajo fue determinar el nivel óptimo técnico (NOT) y nivel óptimo económico (NOE) de la producción de huevo en kilogramos (kg) y del peso de éste en gramos (g), como una función del consumo de alimento (kg/módulo/semana) y del peso (g/día) de las gallinas de postura Lohmann Brown en confinamiento o sistema intensivo. La hipótesis central asume que la producción máxima y el peso promedio máximo del huevo proveniente de las gallinas de postura, no significa obtener la máxima ganancia en dinero para el avicultor.

Materiales y métodos

El experimento se realizó de enero a diciembre de 2022 en el área de aves de la posta zootécnica del Centro Universitario de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) unidad Temascaltepec, donde se instaló un módulo piramidal con tres niveles y 12 compartimentos de cada lado dando un total de 24 jaulas individuales convencionales provistas de comedero y bebedero. La nave se desinfectó al interior y exterior cinco días antes de la llegada de las gallinas, con una mezcla en una proporción de 50 mililitros de cloro en un litro de agua mediante aspersión. Para el peso del huevo se utilizó una báscula granataria de cinco kg y para el peso de la gallina una de 40 kg de capacidad.

Dentro de cada jaula, las gallinas se identificaron con cintas de color amarillo, azul y verde. El experimento constó de 72 gallinas de postura de la línea Lohmann Brown de 18 semanas de edad, distribuidas al azar en 24 jaulas. Es importante mencionar que la información generada en este trabajo no provino de una muestra estadística, tampoco fue una serie longitudinal, sino que los datos se tomaron en forma transversal dirigida; por tanto, no se justificó el análisis de inferencia estadística, dada la naturaleza propia bajo la cual se llevó a cabo tal investigación. Se eligió esta raza de gallinas debido a su rusticidad y adaptabilidad a condiciones distintas de producción (Rosas y Lerdón, 2018), con un periodo de adaptación de 15 días (d).

En la recepción, a las aves se les hidrató con agua *ad libitum* en bebederos tipo canoa con capacidad de cuatro litros (L) durante las primeras dos horas, después se les suministró alimento de postura a libre acceso en comederos tipo tolva con capacidad de 11 kg. Al momento de subir las gallinas a su jaula, se tomó el peso inicial de forma individual con báscula digital y se procedió a identificarlas con la cinta mencionada. El dato de peso individual de las gallinas se registró cada lunes a las 17:00 horas. Con relación a la alimentación, desde el inicio hasta el final del proceso se utilizó el mismo alimento comercial de postura de calidad nutrimental que aportó proteína cruda 16%, cenizas 6%, grasa cruda 4%, humedad 12% y fibra cruda 4.5% en dosis de 120 g de

alimento/gallina/día, suficiente para cubrir sus requerimientos nutricionales (FAO, 2013) y se multiplicó por tres, porque en cada jaula hubo tres aves, administrándose en dos raciones, la primera a las 09:00 horas (h) y la segunda a las 18:00 h.

Con relación al fotoperiodo de las aves, se estableció luz artificial nocturna con dos lámparas de 1.20 metros (m) de longitud fluorescente blanca con capacidad de 10 watts con un temporizador Steren de programación automática por cuatro horas promedio para completar las 16 horas luz recomendadas para gallinas de postura (FAO, 2013; Villanueva *et al.*, 2020). La producción de huevo (kg) y el peso del huevo (g) de las gallinas se registró durante 50 semanas. Los huevos se colectaron día tras día a las 10:00 h, se pesaron y el dato se registró en su bitácora.

El dato sobre consumo de alimento se obtuvo mediante la resta del alimento total ofrecido en dos frecuencias, menos el rechazo (Sánchez, 2019), mismo que se recogió del comedero a las 17:40 h, se pesó y registró en la bitácora correspondiente, generándose así el consumo de alimento (g/día). Para el alimento consumido por las 72 gallinas se sumó el consumo de los 24 grupos de gallinas.

El modelo teórico utilizado en este trabajo se basó en la teoría microeconómica de la función de producción (Doll y Orazem, 1984; Portillo *et al.*, 2015), la cual define que en todo proceso de producción esta se desarrolla en el corto plazo por tres momentos o etapas con base en la utilización del insumo variable y volumen de producto que se obtiene, generando, a su vez, la obtención de dos niveles de optimización: el nivel óptimo técnico (NOT) o punto de máxima producción y el nivel óptimo económico (NOE) o punto donde se maximiza la ganancia en dinero.

Se utilizaron dos modelos estadísticos, ambos lineales en los parámetros, no lineales en las variables y con errores aleatorios aditivos (Gujarati y Porter, 2010; Rebollar *et al.*, 2022), vistos como funciones de producción con evidencia de rendimientos físicos marginales decrecientes (Portillo *et al.*, 2015). El primer modelo fue cúbico y su variable dependiente fue la producción de huevo en función al consumo de alimento (variable independiente); el segundo modelo fue cuadrático y la variable dependiente fue el peso del huevo en función al consumo de alimento por las gallinas (variable independiente). La forma funcional del modelo cúbico fue:

$$PRH = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \varepsilon_i$$

Donde:

PRH = producción de huevo en kg por semana por módulo; β_i para $i = 0, 1, 2, 3$, parámetros del modelo.

X = variable independiente, fija o predeterminada, dada en consumo de alimento comercial, cifras en kg promedio por semana por módulo.

ε_i = error estadístico, estocástico o aleatorio.

El modelo estadístico es lineal en los parámetros y no lineal en las variables (Gujarati y Porter, 2010). En tanto que la forma funcional del modelo cuadrático fue:

$$PH = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon_i$$

Donde:

PH = peso del huevo/g.

β_i para $i = 0, 1, 2$, parámetros del modelo.

X = variable independiente, fija o predeterminada, dada en consumo de alimento, cifra expresada en g/gallina/día.

ε_i = error estadístico, estocástico o aleatorio.

La significancia estadística de ambos modelos se realizó con la F-calculada, la t de Student para cada estimador, el R-cuadrado ajustado y el R-cuadrado predicho y, la significancia económica a través del signo que antecede tanto a la variable cúbica como a la cuadrática.

En las dos funciones de producción estimadas, matemáticamente, el NOT se obtuvo al igualar a cero la primera derivada de la función de producción, llamada también producto marginal (PMg), luego el valor de X se sustituyó en la función original (Rebollar *et al.*, 2022). El resultado asignó la cantidad de producto total equivalente al NOT (Tedeshi, 2005). Por su parte, para los dos modelos estimados, el NOE se generó con la igualación del PMg al cociente de la relación de precios del insumo (P_x) variable y del producto (PRH y PH). El valor obtenido de X del NOE se sustituyó en la función de producción original, dando como resultado el volumen de producción equivalente a dicho óptimo económico.

Adicionalmente, para la obtención de la ganancia (G) en dinero, tanto para el NOT como para el NOE en ambos modelos estimados, se utilizaron los conceptos de ingreso total (IT) y costo total (CT) (Rebollar *et al.*, 2014). Para el modelo cúbico, el IT se calculó al multiplicar el precio del huevo (\$/kg) dado por las literales PQH por la cantidad total de huevo producida en kg, expresada por las literales PRH; esto es: $IT = (PQH) \cdot (PRH)$. El CT fue el producto de multiplicar el precio del alimento (P_x) en pesos por kilogramo por la cantidad consumida y expresada por la letra X de alimento, dada en kg; es decir, $CT = (P_x) \cdot (X)$. Así, la ganancia (G) fue igual a la diferencia aritmética del IT menos el CT; esto es: $G = IT - CT$.

Para el modelo cuadrático, el IT se obtuvo al multiplicar el precio del kg de huevo (PPH) por la cantidad de huevo producido (QPH); es decir, $IT = (PPH) \cdot (QPH)$. En tanto que el CT fue el producto entre el precio del alimento dado en pesos por gramo (P_x), multiplicado por la cantidad de alimento consumido por las gallinas, dado en g (X); esto es, $CT = (P_x) \cdot (X)$. Así, la $G = IT - CT$.

Si la ganancia monetaria correspondiente al NOE es mayor que la del NOT, entonces se genera evidencia suficiente para confirmar que la máxima producción de huevo y el máximo peso de este no siempre significa obtener la máxima ganancia en dinero. Al momento de la investigación, el precio del huevo fue de 45 pesos por kg y el precio del alimento comercial de 8.50 pesos por kg. La estimación del modelo cúbico y del modelo cuadrático, vistos como funciones de producción y necesaria para generar el nivel óptimo técnico y nivel óptimo económico se obtuvo con la utilización del procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS *on line* (SAS OnDemand, 2021).

Resultados

Los resultados correspondientes al modelo cúbico (producción de huevo) se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1
Coeficientes de regresión estimados para el modelo de producción de huevo de gallinas Lohmann Brown

Regresor	Coefficiente	t-calculada	EE	Nivel de significancia
Intercepto	15 809	3.35	4 723.75	P<0.05
X	-862.40	-3.32	260.04	P<0.05
X ²	15.63	3.28	4.76	P<0.05
X ³	-0.094	-3.23	0.03	P<0.05
F-calculada		57.13 (P<0.05)		
R ² -ajustada		77.46%		
R ² -predicha		76.09%		

Fuente: elaboración propia con resultados de la salida en SAS.
EE: error estándar.

La producción de huevo, promedio por semana y por módulo se explicó a través de la función de producción cúbica estimada (cuadro 1):

$$PRH = 15\,809 - 862.40X + 15.63X^2 - 0.094X^3$$

Por su parte, los resultados asociados a la estimación del modelo para el peso del huevo (modelo cuadrático) se aprecian en el cuadro 2.

Cuadro 2
Coeficientes de regresión estimados para el modelo del peso del huevo de gallinas Lohmann Brown

Regresor	Coefficiente	t-calculada	EE	Nivel de significancia
Intercepto	-1 319.20	- 8.50	115.20	P<0.05
X	23.40	8.42	2.78	P<0.05
X ²	-0.09954	- 8.00	0.012	P<0.05
F-calculada		417.89 (P<0.05)		
R ² -ajustada		94.45%		
R ² -predicha		92.87%		

Fuente: elaboración con resultados de la salida en SAS, del modelo cuadrático.
EE: error estándar.

Con base en el cuadro 2, el modelo del peso del huevo (PH) se expresó mediante la función de producción estimada:

$$PH = -1\,319.20 + 23.40X - 0.09954X^2$$

El cuadro 3 permite apreciar la ganancia monetaria que se obtuvo en el punto de máxima producción de huevo o NOT, en contraste con la del punto de máxima ganancia en dinero o NOE. Ambas ganancias difieren (aunque poco) entre sí y, tal resultado se considera válido para demostrar la hipótesis planteado en este trabajo.

Cuadro 3
Ganancia monetaria con el modelo de producción de huevo de gallinas Lohmann Brown

Variables	Nivel óptimo técnico	Nivel óptimo económico
Consumo de alimento (kg)	59.13	59.04
Producción de huevo (kg)	29.83	29.82
Costo total (\$)	502.60	501.84
Ingreso total (\$)	1 342.35	1 341.90
Ganancia (\$)	839.75	840.06

Fuente: elaboración propia.

En adición, en el cuadro 4 se observa que la ganancia monetaria obtenida con el NOE en el peso del huevo, como una función del consumo de alimento comercial por la gallina, fue mayor con relación al NOT o punto de máximo peso del huevo.

Cuadro 4
Ganancia monetaria con el modelo cuadrático (peso promedio del huevo) de gallinas Lohmann Brown

Variables	NOT	NOE
Consumo de alimento (g) para producir un huevo	118.180	117.230
Peso promedio del huevo (g)	63.530	63.440
Costo total (\$/huevo)	1.004	0.996
Ingreso total (\$/huevo)	2.858	2.854
Ganancia (\$/huevo)	1.854	1.858

Fuente: elaboración propia.

NOT: Nivel óptimo técnico. NOE: Nivel óptimo económico.

Discusión

Con relación al análisis estadístico, la F calculada permitió evidenciar la significancia estadística global de la variable de respuesta o regresada en ambos modelos (producción

de huevo y peso del huevo) en función de la variable explicativa señalada como consumo de alimento. Por su parte, las t calculadas asociadas a cada uno de los estimadores en las dos funciones de producción que se estimaron presentaron valor superior a 2.00, lo que implicó que el error estándar de cada estimador multiplicado por dos fuera menor al valor del coeficiente de su respectiva variable explicativa, indicando con ello una significancia estadística mayor en ambos modelos (Wooldridge, 2006).

Con base en la teoría microeconómica, tanto el modelo estadístico de producción de huevo como el del peso del huevo estimado, presentaron lógica económica congruente, ya que el signo negativo de la variable X^3 (del modelo estadístico de producción de huevo), como de la variable X^2 (del modelo estadístico de peso del huevo) fueron los esperados; además, los dos modelos fueron estadísticamente significativos y se ajustan a una función de producción de corto plazo, con rendimientos marginales decrecientes (Portillo *et al.*, 2015), lo que a su vez permitió su optimización; es decir, la demostración de la lógica económica en la que el valor del insumo variable del NOT es mayor (en cuantía) que la del NOE.

En la determinación del NOT no intervienen los precios tanto del insumo como del producto, ya que éste se alcanza en aquel nivel de utilización del insumo variable que aporta el volumen de producción mayor por unidad utilizada (Doll y Orazem, 1984; Portillo *et al.*, 2015). Así, para el modelo estadístico de producción de huevo (en kg) el NOT correspondió a un volumen máximo de 29.83 kg de huevo promedio por semana y por módulo, ligeramente superior al registrado con el NOE (cuadro 3) (Portillo *et al.*, 2015; Rebollar *et al.*, 2022), esa diferencia, aunque mínima, para este tipo de investigación de teoría económica es de vital importancia, en el sentido de demostrar que, efectivamente, se cumple la hipótesis de que el NOT se localiza antes que el NOE y que la cantidad de insumo variable que del NOT siempre es mayor con relación a la del NOE.

En concordancia al NOT en la producción de huevo, un hallazgo similar obtuvo un modelo polinómico aditivo de segundo grado y concluyó un resultado de 58.62 kg de utilización de alimento, equivalente a una masa de huevo de 24.85 kg promedio/semana/módulo (Morales *et al.*, 2018); por su parte, Salvador y Guevara (2013) estimaron una masa mayor de huevo (NOT) mediante un modelo cuadrático en gallinas comerciales, y concluyeron que un nivel de alimentación con proteína balanceada de 109.40 gramos de alimento logra el rendimiento máximo en huevo.

En congruencia con los resultados de este trabajo, una investigación adicional en gallinas concluyó que la suplementación de aves en jaula, durante las dos primeras semanas, mejoró la producción de huevo sin efectos estadísticos en consumo de alimento, tamaño, producción y masa del huevo (Morales *et al.*, 2018); mientras que en otra investigación sobre guajolotes criollos (Rodríguez *et al.*, 2017), se estimaron el NOT y NOE mediante modelos de regresión cuadráticos con métodos similares a los de esta investigación, en los que el peso del ave y consumo de alimento fueron las variables dependiente e independiente.

Para el cálculo del NOE, en las dos funciones de producción estimadas se requieren los precios del insumo variable y del producto, con los que se calculó la ganancia en dinero bajo el procedimiento planteado. En ambas funciones de producción, la cantidad

de alimento que consumieron las gallinas y que generó el resultado del NOE (cuadro 3 y 4) fue menor con relación al NOT, y se mostró el nivel de aportación máxima del insumo variable que produjo la ganancia mayor en dinero, y que no necesariamente representó el volumen máximo de producción.

El nivel óptimo técnico, relacionado al peso máximo del huevo de gallinas Lohmann Brown reportado durante las 50 semanas que duró la toma de datos fue 63.50 g, este resultado, pese a que el sistema de producción fue diferente, difirió del hallazgo de Villanueva *et al.* (2020), al concluir con 60.19 g pero a 62 semanas, y al de Córdoba (2019), quien confirmó 59 g promedio del huevo en gallinas Lohmann Brown alimentadas con lombriz roja californiana y pasto imperial. En este trabajo fue posible localizar los niveles de producción de huevo y peso del huevo relacionados al NOE dentro del rango de rendimientos marginales decrecientes positivos, poco antes del punto donde el PMg es cero (Tedeshi, 2006), y dicho rango se asocia con la máxima ganancia en dinero.

Si bien, como contraste entre el NOT y el NOE, pese a que se observó que las diferencias aritméticas tanto en cantidades de alimento que consumieron las gallinas durante el proceso de toma de datos, producción y peso de huevo y ganancias en dinero se consideraron pequeñas, lo importante fue el hecho de probar que no siempre la máxima producción se orienta a la máxima ganancia en dinero; sin embargo, tales resultados pueden tomarse en cuenta como punto de partida para que los productores de huevo, con condiciones de producción similares, tomen decisiones oportunas que les permitan mejorar sus beneficios económicos.

Conclusiones

Bajo las condiciones planteadas en esta investigación, se demostró que el nivel óptimo técnico (NOT) o máxima producción de huevo promedio por módulo y por semana y el máximo peso del huevo se lograron con una cantidad de alimento cuya cuantía fue mayor a la que se requirió con el nivel óptimo económico (NOE) o punto de máxima ganancia en dinero. Lo anterior sentó evidencia para probar la hipótesis de teoría microeconómica de que la máxima producción de huevo y el máximo peso de éste, no necesariamente significa que el avicultor, durante el proceso de producción, obtenga la máxima ganancia monetaria por la venta del huevo.

Literatura citada

- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. (2022). *La importancia de la industria avícola en México*. https://s3.amazonaws.com/inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/08/16072154/47Industria_Avicola_M%C3%A9xico.pdf (Consultada 20 febrero 2024).
- Córdoba, L.E. (2019). *Producción de huevos en gallinas ponedoras (Lohmann Brown) utilizando como alimento lombriz roja californiana (Eisenia foétida) y pasto imperial (Axonopus scoparius) en el municipio de Atrato-Chocó*. Tesis de Grado en Nutrición Animal Sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia. 1077451400.pdf (unad.edu.co). (Consultada 17 enero 2024)
- Doll, P. y Orazem, F. (1984). *Production economics. Theory with applications*. Editorial John Wiley Sons. New York, USA. 470 p.

- Food and Agricultural Organization. [FAO] (2013). Revisión del desarrollo avícola. <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf> (Consultada 22 febrero 2024).
- Gujarati, N. y Porter, C. (2010). *Econometría*. Editorial Mc Graw Hill. México, D. F. 921 p.
- Itza, M.F.; Peraza, G.; Castillo, Y.I.; Rodríguez, C.A.; Vital, C.; Jaramillo, E. y Carrera, J.M. (2016). Productive Performance of White Leghorn Hens Based on the Type of Housing During Rearing: Floor Versus Cage. *Braz. J. Poult. Sci.* 18(3): 543-548. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0139>
- Mendoza, Y.Z.; Brambila, J.J.; Arana, J.J.; Sangerman, D.M. y Molina, J.N. (2016). El mercado de huevo en México: tendencia hacia la diferenciación en su consumo. *Rev Mex Cien Agríc.* 7(6): 1455-1466. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/206>
- Miñón, E.; González, M.J.; Huerta, M.; Crespo, G.; Carrillo, C.; Castillo, R.M.; Cuca, J.M. y Morales, J.E. (2006). Niveles óptimos biológico y económico de cobre dietético en pollos de engorda. *Agrocien.* 40(2): 163-170. <https://agrocien-colpos.org/index.php/agrocien/article/view/451/451>
- Mohammed, L.; Sallam, M.; Edris, S.; Khalifa, O. y Soliman, M. (2021). Growth performance, economic efficiency, meat quality, and gene expression in two broiler breeds fed different levels of tomato pomace. *Vet Res Communic.* 45: 381-397. <https://doi.org/10.1007/s11259-021-09819-x>
- Morales, W.; Rodríguez, V. y Verjan, N. (2018). Parámetros productivos y económicos de gallinas ponedoras ISA Brown en segundo ciclo de producción suplementadas con aminoácidos no esenciales. *Rev Investig Vet Perú.* 29(2): 533-543. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14481>
- Nicholson, W. y Snyder, C. (2015). *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*. Editorial Cengage Learning. D.F., México. 757 p.
- Portillo, M.; Pérez, F.; Figueroa, E.; Godínez, L.; Pérez, M.T. y Barrios, G. (2015). La función de producción cúbica. Su aplicación en la agricultura. *Rev Mex Agroneg.* 37: 11-24. <https://ageconsearch.umn.edu/record/226145/>
- Rebollar, S.; Gómez, G.; Hernández, J.; Callejas, N. y Guzmán, E. (2014). Óptimos económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México. *Agronom Mesoam.* 25(1): 161-168. <http://www.redalyc.org/toc.oa?id=437&numero=30495>
- Rebollar, S.; Guzmán, E.; Hernández, J.; Terrones, A.; y González, F.J. (2022). *Microeconomía básica. Teoría y práctica*. Editorial BUK. Querétaro, México. 244 p.
- Rodríguez, G.; Carrillo, C.; Hernández, J. y Borja, M. (2017). Análisis diferencial técnico-económico de los sistemas productivos de guajolotes en el Estado de México. *Cienc Ergo Sum.* 24(1): 25-33. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/8123/6709>
- Romo, S.; López, D.; Ledezma, N.; Gutiérrez, C.; Quintana, A. y Rangel, L. (2022). Comparación en la calidad de huevos obtenidos en un sistema de producción en corrales al aire libre y los producidos en un sistema de jaula. *Rev Mex Cienc Pecu.* 13(1): 32-42. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/5300/4763>
- Rosas, N.A. y Lerdón, F.J. (2018). Factibilidad de un proyecto avícola para producción de huevos bajo sistema free-range en el sur de Chile. *IDESIA.* 36(3): 131-140. https://www.idesia.cl/index.php?option=com_volumenes&view=d&aid=904&vid=84
- Salvador, E. y Guevara, V. (2013). Desarrollo y validación de un modelo de predicción del requerimiento óptimo de aminoácidos esenciales y del comportamiento productivo en ponedoras comerciales. *Rev Investig Vet del Perú.* 24(3): 264-276. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/2574/2251>
- SAS OnDemand. (2021). *SAS® OnDemand for Academics*. <https://welcome.oda.sas.com/login>. <https://welcome.oda.sas.com/login> (Consultada 18 noviembre 2023).
- Sánchez, C. (2019). *Bienestar, producción y calidad de huevo en un sistema campero bajo condiciones del trópico mexicano*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México. 70 p. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4306/Sanchez_Hernandez_C_MC_Agoecosistemas_Tropicales_%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2022). Resumen nacional. Avance de la producción pecuaria. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp (Consultada 26 marzo 2022).

- Tedeschi, O. (2006). Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agr Syst.* 89: 225-247. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.004>
- Villanueva, O.; Carillo, S.; Chavira, R.; Martínez, M.; Miranda, G. y Ávila, E. (2020). Evaluación del bienestar animal de gallinas ponedoras Bovans White alojadas en piso. *Aban Vet.* 10(1): 1-11. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/243/384>
- Unión Nacional de Avicultores. (2022). *Producción Industria Avícola nacional*. <https://una.org.mx/>. (Consultado 21 marzo 2022).
- Wooldridge, M. (2006). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Editorial Cengage Learning. México, D. F. 865 p.