

Evaluación de los índices productivos a diferentes tiempos de iluminación en pollo de engorde
en Málaga-Santander

Mabel Inyik Rodríguez Méndez y Heiner Leandro Tarazona García

Trabajo de Grado para Optar al Título de Zootecnista

Director

Leonardo Avendaño Vásquez

PhD en Acuicultura

Codirector

José Eduardo Acevedo Espinel

MVZ

Universidad Industrial de Santander

Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Dedico mi Tesis primeramente a **Dios** por darme la vida, por guiarme en este proceso y permitirme llegar hasta acá, por brindarme la inteligencia y la sabiduría para culminar mi carrera profesional, también por permitirme conceder este momento tan importante y especial en mi vida, por cada uno de los triunfos y las victorias durante mi trayecto, por los momentos difíciles que me han enseñado a valorar y a ser cada vez más fuerte.

A mis padres **Adolfo Rodríguez Díaz**, **Inés Méndez Cáceres** y a mi hermano **Jerohan Rodríguez Méndez**, por el apoyo incondicional y todos los buenos consejos, por creer siempre en mí, por ser ese pilar fundamental para poder salir adelante y por haberme forjado como lo que soy en la actualidad, una persona llena de principios, valores y humildad, echada para adelante, con perseverancia y empeño constante. A mi abuelo materno **Pedro Elías Méndez**, que, aunque no esté en el mundo terrenal conmigo siento que siempre me acompaña y se, que donde se encuentre está orgulloso de su nieta.

“Mabel Inyik Rodríguez Méndez”

A Dios por permitirme alcanzar una etapa más en mi vida, a mis padres **Hermes Tarazona Espinel** y **Florentina García Herrera** por ser los autores principales en mi vida, por sus consejos, amor, dedicación y apoyo incondicional, me han permitido llegar hoy a cumplir un sueño más, gracias por inculcar valores que me han servido como persona, por el ejemplo de su esfuerzo y valentía de no temer a las adversidades que se presentan en la vida.

A mis hermanas **Leidy Dayana Tarazona García** y **Yury Mayerly Tarazona García**, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por acompañarme en todos los momentos que necesite de su ayuda gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra manera me acompañaron en todos mis sueños y metas.

“Heiner Leandro Tarazona García”

Agradecimientos

Primeramente, a *Dios*, por permitirnos terminar esta etapa académica importante para nuestras vidas, por guiarnos brindarnos la inteligencia y sabiduría durante todo el aprendizaje para ser profesionales. Gracias a la *Universidad Industrial de Santander* por permitirnos convertir en profesionales en lo que más nos apasiona, gracias a cada uno de los profesores que estuvieron presentes durante este proceso integral de formación, que el resultado fue dos Zootecnistas graduados, y como prueba y recuerdo la realización de esta Tesis que estará presente como apoyo, para el desarrollo y conocimiento de las demás generaciones.

A nuestros padres *Adolfo, Hermes, Inés y Florentina* por todo el apoyo emocional y económico.

A nuestro director de Tesis *Leonardo Avendaño Vásquez* por su apoyo moral, académico, económico y por todo su conocimiento aportado para la realización de esta Tesis.

A todos nuestros compañeros que de una u otra manera nos ayudaron para la realización de esta Tesis.

“Con cariño, Mabel y Heiner”

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Marco Referencial.....	15
2.1 Marco Teórico.....	15
2.1.1 Influencia de la luz en aves domésticas	15
2.1.2 Iluminación para pollos de engorde.....	16
2.1.3 Importancia de los métodos de iluminación	16
2.1.4 Beneficios de la luz en pollo de engorde	16
2.1.5 Efecto del fotoperiodo en pollos de engorde	17
2.2 Marco Conceptual.....	18
2.2.1 Avicultura	18
2.2.2 Fotoperiodo	18
2.2.3 Iluminación	18
2.2.4 Aves de engorde.....	18
2.2.5 Ross 308.....	19
2.2.6 Curva de crecimiento	19
2.2.7 Desinfección	19
3. Método	19
3.1 Tipo de estudio.....	19
3.2 Localización.....	19

3.3 Materiales y métodos	20
3.3.1 Preparación del galpón y equipos avícolas	20
3.3.2 Población y muestra.....	20
3.4 Suplementación.....	21
3.5 Estudio de parámetros productivos.....	22
3.6 Análisis estadístico y curvas de crecimiento	22
3.7 Estudio costo de producción	23
4.1 Temperatura y humedad relativa	24
4.2 Parámetros productivos.....	25
4.3 Curvas de crecimiento.....	26
4.3.1 Modelo elegido	30
4.4 Costos de producción.....	31
4.4.1 Cálculo de utilidad	31
4.4.2 Costo/beneficio	31
4.4.3 Ingresos de producción	32
4.4.4 Costos de producción.....	32
5. Conclusiones	33
Referencias Bibliográficas	34
Apéndices.....	38

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Rutinas aplicadas en los diferentes programas de horas luz, para los diferentes.....	21
Tabla 2. Determinación de la cantidad de alimento según la etapa productiva y los días de vida	21
Tabla 3. Descripción matemática de los modelos no lineales evaluados	23
Tabla 4. Medición de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) semanalmente	24
Tabla 5. Peso corporal al día 8 con respecto a la exposición de diferentes tiempos de iluminación de 14 h L/10 h O, 17 h L/7 h O y 20 h L/4 h O	25
Tabla 6. Variables productivas evaluadas a partir de la exposición a diferentes tiempos de iluminación	25
Tabla 7. Indices productivos evaluados a partir de la exposición a diferentes tiempos de iluminación 14 h L/10 h O, 17 h L/7 h O y 20 h L/4 h O	26
Tabla 8. Presupuesto de inversión y clasificación en costos fijos y variables	31
Tabla 9. Indicador económico de cálculo de utilidad	31
Tabla 10. Indicador económico costo/beneficio	31
Tabla 11. Indicador económico ingresos de producción	32
Tabla 12. Indicador económico costos de producción.....	32

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 1, réplicas 1,2,3 y 4 expuestas a 14 h L/10 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida	24
Figura 2. Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 1, réplicas 1,2,3 y 4 expuestas a 14 h L/10 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida	27
Figura 3. Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 2, réplicas 1,2,3 y 4 expuestas a 17 h L/7 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida	28
Figura 4. Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 3, réplicas 1,2,3 y 4 expuestas a 20 h L/4 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida	29

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Archivo de soporte de los procedimientos.....	38
Apéndice B. Preparación del galpón y equipos avícolas	39
Apéndice C. Manejo de los animales.....	40
Apéndice D. Manejo de la iluminación	41

Resumen

Título: Evaluación de los índices productivos a diferentes tiempos de iluminación en pollo de engorde en Málaga-Santander*

Autor: Mabel Inyik Rodríguez Méndez y Heiner Leandro Tarazona García**

Palabras Clave: Fotoperiodo, pollos de engorde, índices productivos, curva de crecimiento, análisis económico.

Descripción: En el sector avícola, el fotoperiodo es considerado una de las principales herramientas para la regulación en el consumo de alimento, el agua, la reproducción, el manejo y el bienestar animal, aumentando los parámetros productivos a un menor costo de producción. El objetivo fue determinar los índices productivos en pollo de engorde, a diferentes tiempos de iluminación durante 42 días. Se utilizaron 120 unidades experimentales machos Broiler de la estirpe Ross 308 de un día de vida, bajo 3 etapas productivas (pre inicio 1-7 días, inicio 8-21 días y engorde 22-42 días), usando un modelo completamente aleatorio, 4 réplicas/tratamiento donde se incluyeron 10 animales por réplica, y fueron sometidos a 3 tratamientos T1=14 horas luz y 10 horas oscuridad, T2=17 horas luz y 7 horas oscuridad y T3=20 horas luz y 4 oscuridad. Las variables determinadas fueron: Ganancia de peso diaria, Ganancia de peso acumulada, Conversión alimenticia, % Eficiencia Americana, Índice de productividad, peso inicial, curvas de crecimiento y Análisis económico. Se llegó a la conclusión que no existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados; los modelos de crecimiento que mejor se ajustaron a las curvas de crecimiento fue el sigmoideo y Gompertz. Se recomienda realizar más investigaciones en los programas de iluminación con el fin de mejorar los parámetros productivos.

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez. PhD en Acuicultura. Codirector: José Eduardo Acevedo Espinel. Médico veterinario y Zootecnista.

Abstract

Title: Evaluation of production indices at different lighting times in broiler chickens in Malaga-Santander*

Author(s): Mabel Inyik Rodríguez Méndez y Heiner Leandro Tarazona García**

Key Words: Photoperiod, broilers, production rates, growth curve, economic analysis.

Description: In the poultry sector, the photoperiod is considered as a of the main tools for regulating feed consumption, water, reproduction, management and animal welfare, increasing production parameters at a lower production cost. The objective was to determine the productive indexes in broiler chickens, at different lighting times for 42 days. 120 experimental male Broiler units of the Ross 308 strain of one day of life were used, under 3 productive stages (pre-start 1-7 days, start 8-21 days and fattening 22-42 days), using a completely random model, 4 replicas/treatment where 10 animals per replica were included, and were subjected to 3 treatments T1=14 hours light and 10 hours darkness, T2=17 hours light and 7 hours darkness and T3=20 hours light and 4 hours darkness. The variables determined were: daily weight gain, accumulated weight gain, feed conversion, % American Efficiency, productivity index, initial weight, growth curves and economic analysis. It was concluded that there are no significant differences between the treatments evaluated; the growth models that best fit the growth curves were the sigmoid and Gompertz. Further research on lighting programs is recommended in order to improve production parameters.

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez. PhD en Acuicultura. Codirector. José Eduardo Acevedo Espinel. Médico Veterinario y Zootecnista.

Introducción

A nivel mundial la carne de aves de corral refleja un precio menor en comparación a otras carnes, países de ingresos altos indican mayor preferencia de carnes blancas, puesto que son fáciles de preparar y los consumidores la distinguen como una proteína alimentaria saludable, tanto que los países en desarrollo de ingresos bajos la prefieren por su bajo costo; se espera que la carne de ave de corral represente un 13,1% de disponibilidad en comparación con otras carnes, y un 41% de toda la proteína proveniente de fuentes cárnicas en 2030, en Colombia la carne de pollo se consolida como una fuente proteica más apetecida para el consumo humano con un incremento de 3,5% en el año 2021; el consumo per cápita de producción de pollo supero las 1.671.581 toneladas, esto permitió alcanzar un consumo de 32,2 kilogramos/habitante año. (*OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030*)

En Colombia la avicultura conformada por la producción cárnica, ha logrado un fortalecimiento gracias a la implementación de nuevas tecnologías, organizaciones e instituciones que consolidan el trabajo de los avicultores, empresas dedicadas a este sector, fomentan el crecimiento económico, competitivo y sostenible, gracias a las capacitaciones sanitarias, de inocuidad e investigación, también la construcción de instalaciones y manejo genético, permite mantener la producción avícola y crear canales de comercialización logrando ser reconocido en el mercado. (*Determinantes de la avicultura*)

La producción avícola en los últimos años; asume que la cría de pollo de engorde bajo diferentes programas de iluminación continua, obtienen tasa de crecimiento superior, debido al incremento de consumo de alimento y conversión alimenticia; implementando programas de luz intermitente, se permite obtener mayor peso corporal, el cual es más representativo en machos,

donde su cuerpo es más pronunciado y su ganancia de peso es mayor; una técnica de iluminación restringida, refleja una baja conversión alimenticia y menos ganancia de peso, esto en relación a periodos largos de luz y oscuridad. (Ingram et al., 2000)

Los programas de iluminación se clasifican en continuos, donde los pollos de engorde se someten a un fotoperiodo constante de 23 a 24 horas, este programa permite maximizar el consumo de alimento y ganancia de peso debido a la disponibilidad a comederos y bebederos, programas de iluminación intermitente proporciona ciclos repetidos de luz y oscuridad en un periodo de 24 horas y programas de iluminación creciente proporciona esquemas aumentados en el fotoperiodo de acuerdo con el aumento de la edad (Yoshida et al.,). (GOMES DE OLIVEIRA & JOSÉ CAMARGOS LARA, 2016)

El crecimiento se puede definir como un cambio en el tamaño corporal de las aves en unidad de tiempo, actúa el genotipo y el medio ambiente, durante los últimos años los modelos matemáticos se han utilizado para explicar e interpretar datos obtenidos a través de observaciones y mediciones, esto permite revelar relaciones de causa y efecto en diferentes campos de la ciencia denominados “modelos de crecimiento” para explicar los comportamientos de las aves de corral durante las diferentes etapas productivas; estos modelos tienen una estructura no lineal, forma sigmoidea y ciertos parámetros biológicamente significativos, en la ciencia avícola las funciones de Richards, Logistic, Gompertz y Von Betalanffy, se han utilizado como modelos para estudiar los patrones de crecimiento en avicultura. (NARINÇ et al., 2017)

El presente trabajo busco evaluar el efecto que tiene diferentes tiempos de iluminación sobre los índices productivos del pollo de engorde, siendo una estrategia considerable para mejorar el consumo de alimento, ganancia de peso, disminuir la mortalidad y aumentar la conversión alimenticia al menor costo posible de producción.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar tres programas de iluminación en el desempeño productivo y económico del pollo de engorde.

1.2 Objetivos Específicos

Determinar los parámetros productivos en pollos de engorde con relación a los diferentes programas de iluminación.

Evaluar los indicadores económicos del fotoperiodo durante el ciclo productivo del pollo de engorde.

Ajustar las curvas de crecimiento a un modelo experimental, a un modelo lineal y a un modelo polinomio.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Influencia de la luz en aves domésticas*

Las aves domésticas tienen un alto grado de agudeza y sensibilidad visual, esto les permite identificar y reconocer la comida, el agua y su entorno; lo que facilita el grado de dominancia y establecimiento de su orden social, los pollos broilers son criados en regímenes ultra-intensivos con ambiente controlado, donde la intensidad y duración de luz son parámetros manipulables por el hombre para mejorar el crecimiento animal, reproducción, mejoramiento de los índices productivos y disminuir costos energéticos. (*Influencia de la luz sobre el comportamiento de las aves / PortalVeterinaria.*)

La luz es fundamental para las aves domésticas, en especial para las de corral, la visión es el sentido predominante en ellas, gran parte del cerebro se dedica a los ojos y a la corteza visual; los pollos de engorde requieren luz para reconocer a sus congéneres a través de señales visuales (Hauser & Huber-Eicher, 2004). (Kristensen et al., 2009)

Los seres vivos deben adaptarse a condiciones de su entorno para poder sobrevivir y reproducirse, variaciones en el ciclo de luz diario actúan mediante mecanismos endocrinos y neurobiológicos, los cuales da como resultado adaptación al día y la noche, y con ello una marcada variación circadiana en las funciones fisiológicas, el comportamiento y en el metabolismo; exposición de luz en los pollos de engorde durante la noche, va acompañada de niveles bajos de melatonina. (Navara & Nelson, 2007)

2.1.2 Iluminación para pollos de engorde

La iluminación es un factor esencial para diversos procesos fisiológicos y parte integral de la vista; esta permite al ave establecer infinidad de funciones esenciales, incluyendo procesos metabólicos que permiten la alimentación y digestión, la luz permite estimular patrones secretores de hormonas que son encargadas de estimular el crecimiento, la producción y la reproducción en animales; las producciones avícolas se acoplan a variedad de sistemas de producción que son considerados por permitir el control preciso de factores ambientales (temperatura, humedad, velocidad del aire, intensidad y duración de la luz), esto permitiendo alcanzar metas de productividad y superando problemas de bienestar (Newberry, 1995). (., H. A. O. et al., 2006)

2.1.3 Importancia de los métodos de iluminación

Los métodos de iluminación, son necesarios en el manejo del pollo de engorde, donde se consideran tres aspectos fundamentales, longitud de onda, intensidad de la luz, duración y distribución del fotoperiodo; actualmente se asocia a tiempos de luz que el ave recibe, influenciado al tiempo máximo que tiene el animal para consumir su alimento y relacionarlo con la velocidad que crece; el aumento de periodos largos de iluminación afectan el bienestar de las aves y en ocasiones se presentan muertes súbitas; la conversión alimenticia mejora cuando se le suministra menos horas luz, esto en relación al tiempo de descanso que tiene el animal para aprovechar el alimento suministrado y realizar una buena digestión. (Schwean-Lardner & Classen,)

2.1.4 Beneficios de la luz en pollo de engorde

En pollo de engorde el manejo de la luz mejora la viabilidad, reduce la mortalidad causada por problemas metabólicos provenientes por ascitis y mejora los índices productivos. Se ha comprobado que la luz artificial influye en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia, logrando resultados óptimos de crecimiento y bienestar animal (María et al., 2014), la luz es el

elemento que permite el control de los procesos fisiológicos y conductuales del animal, su manipulación permite modular los ritmos circadianos, procesos digestivos, consumo de alimento y temperatura corporal. La percepción de la luz es importante para que el animal logre una agudeza visual y la discriminación del color según el evento de fotoperiodo al cual son expuestos (Calvet et al., 2009). El uso de luz led disminuye el consumo de energía y obtiene una duración de 50.000 horas, permitiendo mejorar los índices productivos en pollo de engorde y reduciendo la contaminación en seres humanos y contaminación ambiental. (Karakaya et al., 2009).

2.1.5 Efecto del fotoperiodo en pollos de engorde

Un ensayo que estudio la proporción de heterófilos a linfocitos en tres tipos de razas Españolas (Black Castellana, Buff Prat y Barred Red Vasca), expuestas a tres programas de iluminación diferente, donde se utilizaron en el primer grupo 54 gallinas (18 gallinas de cada raza) con una iluminación de 23L:1D, el segundo grupo consistió en 54 gallinas (18 gallinas de cada raza) con una iluminación de 14L:10D y finalmente el grupo tres consistió en 54 gallinas adicionales (18 de cada raza) alojadas en un régimen de iluminación de 18,5L:5.5D, observaron efecto significativo del fotoperiodo sobre la proporción de heterófilos en sangre: linfocitos, concluyéndose que un programa de iluminación casi continuo (23L:1D) no demostró una mayor repuesta al estrés y no afecto el bienestar de las aves. (Campo & Dávila, 2002)

Varios autores (Ohtani & Leeson, 2000); (., G. R. et al., 2005), justifican que el uso de programas de luz intermitente en condiciones de ciclos cortos repetitivos de luz /Oscuridad, se obtiene mayor supervivencia, mayor peso corporal, mejor eficiencia alimenticia, menor grado de estrés y mejor respuesta frente a enfermedades. En gallinas de desvieje fue estudiado el efecto del fotoperiodo, donde se tomó un total de 30 gallinas de desvieje, que fueron sacrificadas después de un ciclo productivo de 45 días. El lote A (n=15) se sometió a un fotoperiodo (2 h luz y 1 h

oscuridad), mientras que el lote B (n=15) estuvo en condiciones normales de luz. El peso vivo de las gallinas procedentes del lote A, fue superior (1,87 vs. 1,78 kg; $P>0,05$) y su peso en canal fue superior (1,25 vs. 1,20 kg; $P>0,05$); el rendimiento en canal de gallinas no sometidas a fotoperiodo fue ligeramente superior (66,72 vs. 67,78; $P>0,05$), respecto al lote A. (Lorenzo et al.,)

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Avicultura

Es la habilidad de cuidar y criar aves de corral para diferentes propósitos. La avicultura se enfoca no solo en la crianza de aves sino también en llevar un buen manejo y bienestar animal con el fin de no alterar el comportamiento natural de la especie. (*GLOSARIO DE TERMINOS.*)

2.2.2 Fotoperiodo

El fotoperiodo se define principalmente a las horas luz en las que es expuesto el pollo de engorde durante un periodo de 24 horas. El fotoperiodo es importante en las aves ya que participa en la actividad metabólica, productiva y demás alteraciones que se presentan en el animal. (*Las Plumas ALA.*)

2.2.3 Iluminación

Es una de las técnicas más importantes en la producción de pollo de engorde y está compuesta por tres aspectos fundamentales, intensidad de luz, longitud de onda, duración y distribución del fotoperiodo. (*Las Plumas ALA.*)

2.2.4 Aves de engorde

Son machos y hembras que nacen de una incubación de huevos fértiles provenientes de su progenie, considerados reproductores padres de engorde. (*GLOSARIO DE TERMINOS.*)

2.2.5 Ross 308

Es una estirpe comercial de la raza Broiler, se caracterizan principalmente por presentar una excelente conversión alimenticia, tiene alta rusticidad y adaptabilidad a los diferentes climas. (Paz -Bolivia, 2010)

2.2.6 Curva de crecimiento

El crecimiento del pollo de engorde sigue una curva sigmoidea la cual permite medir el crecimiento el cual varia con la edad, llegando a un punto donde declina a cero, en este punto se logra la asíntota y el pollo logra su peso maduro. (Divier A Agudelo-Gómez et al., 2007)

2.2.7 Desinfección

Es un proceso que se encarga principalmente de extinguir mediante distintos métodos físicos, químicos y biológicos los diferentes patógenos que proliferan dentro de la producción. (GLOSARIO DE TERMINOS.)

3. Método

3.1 Tipo de estudio

El presente estudio realizado es de tipo experimental, donde su principal objetivo fue el de evaluar tres programas de iluminación en el desempeño productivo y económico del pollo de engorde.

3.2 Localización

El trabajo investigativo se realizó en la Universidad Industrial de Santander del Municipio de Málaga (Santander), cuyas coordenadas geográficas son de 6°42'25.65" N y 72°43'39.69" O, cuenta con clima frio, una temperatura media anual de 19°C y una altitud de los 2.217 m.s.n.m.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Preparación del galpón y equipos avícolas

La adecuación del galpón se hizo 5 días antes de la llegada de los pollos, se realizó la desinfección de las camas con creolina al 10%, la cual se preparó diluyendo 1 litro de esta en 10 litros de agua, los equipos avícolas (bebederos, comederos) se desinfectaron utilizando 50 ml de hipoclorito para 16 lts de agua. Seguido, a las camas se les agregó 10 cms de grosor en viruta y se precalentó el lugar 24 horas antes de la llegada de las aves; se utilizaron bombillos ahorradores led de 9 W, temperatura de color 6.500k/luz día, color blanco, con flujo luminoso de 800 lumens y con una intensidad de 0,081 amperios.

3.3.2 Población y muestra

Se utilizó 120 pollos Broiler de la estirpe comercial Ross 308 de aproximadamente un día de edad, se mantuvieron en las mismas condiciones de temperatura, humedad y se suministró agua a voluntad. Las unidades experimentales (pollos) fueron pesadas a la llegada y posteriormente a los 7 días de vida se distribuyeron aleatoriamente por tratamiento, cada corral (réplica) contó con un m^2 ($1,00 m^2$), dejando así 10 pollos por corral (40 pollos por tratamiento, 4 réplicas para cada uno). El experimento tuvo una duración de 42 días y la aplicación de horas luz/oscuridad se suministró en tres etapas (Pre inicio: 1-7 días, Inicio: 8-21 días y Engorde: 22-28 días).

Tabla 1

Rutinas aplicadas en los diferentes programas de horas luz, para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Edad/Días	Horas Luz	Horas Oscuridad	Apagar	Encender
T1	1-7	23	1	5 am	6 am
	8-42	14	10	8 pm	6 am
T2	1-7	23	1	5 am	6 am
	8-42	17	7	11 pm	6 am
T3	1-7	23	1	5 am	6 am
	8-42	20	4	2 am	6 am

Nota. Número de tratamientos y horas luz/oscuridad, utilizadas en el experimento donde T₁: 14 horas Luz/10 horas Oscuridad, T₂: 17 horas Luz/7 horas Oscuridad y T₃: 20 horas Luz/4 horas oscuridad (4 réplicas/tratamiento).

3.4 Suplementación

El suministro de alimento se realizó en base a la etapa productiva, garantizando así los requerimientos nutricionales fundamentales para cada una y teniendo en cuenta la duración del ciclo productivo (42 días).

Tabla 2

Determinación de la cantidad de alimento según la etapa productiva y los días de vida.

Etapa productiva	Días de vida	Peso promedio del pollo(g)	Consumo acumulado en gramos	Conversión
Pre iniciación	1-7	211	164	0,78
Iniciación	8-14	535	551	1,03
	15-21	1035	1.218	1,18
Engorde	22-28	1681	2.199	1,31
	29-35	2421	3.483	1,44
	35-42	3100	5.023	1,57

Nota. Conversión alimenticia y consumo acumulado en gramos, suministrado a los pollos de engorde según la edad y etapa productiva. Tomado de (*Manual Práctico para la producción de Pollo de Engorde*).

3.5 Estudio de parámetros productivos

Para el cálculo de cada variable productiva se realizó el respectivo pesaje de las aves todos los días, del primer día de recepción, hasta el día 42 que tuvo duración el ciclo productivo, para esto se utilizó una balanza digital, para el proceso del cálculo se emplearon las siguientes fórmulas:

GDP (Ganancia Diaria de Peso) (gr/día) = $(Pf - Pi)/t$, donde Pf es el peso final, Pi es el peso inicial y t es el tiempo que dura el ciclo productivo.

GPA (Ganancia de Peso Acumulada) = Es el resultado de la \sum GDP medidas a los días 21 y 42 de la fase experimental.

CA (Conversión Alimenticia) = Consumo de alimento (gr)/ Peso vivo corporal (gr).

EA (Eficiencia Americana) = peso promedio (kg)*100/CA.

IP (Índice de productividad) = EA*100/CA.

3.6 Análisis estadístico y curvas de crecimiento

Para poder determinar el efecto que tuvieron los diferentes tiempos de iluminación en los tratamientos experimentales sobre cada variable calculada, se utilizó un modelo completamente aleatorio, donde los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando la herramienta estadística Minitab 19 y donde se realizó la comparación de medias, en base a la siguiente fórmula:

$$\checkmark \quad Y_{ij} = \mu + t_j + e_{ij}$$

Donde:

μ : es la media

tj: son los tratamientos

eij: error experimental.

Para el ajuste de las curvas de crecimiento a un modelo experimental, a un modelo lineal y a un modelo polinomio, se utilizó un patrón de mínimos cuadrados, que consistió en emplear la técnica de análisis numérico que permitió encontrar una función continua, la cual se ajustó al criterio de mínimo error cuadrático a través del programa estadístico R (Lenguaje de programación con enfoque a análisis estadístico), además de ello los datos fueron sometidos a los modelos no lineales de Gompertz (MNLG), modelo no lineal Logístico (MNLL), modelo no lineal Von Bertalanffy (MNLV), modelo no lineal de Richards (MNLR), y se eligió el que mejor se ajustó a las curvas de crecimiento.

Tabla 3

Descripción matemática de los modelos no lineales evaluados.

Modelo	Ecuación
Gompertz	$Y = \beta_0 \cdot e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 t}}$
Logístico	$y = \frac{\beta}{1 + \beta \cdot e^{(-\beta t)}}$
Von Bertalanffy	$y = \beta_0 (1 - \beta_1 \cdot e^{-\beta_2 t})^3$
Richards	$y = \beta_0 (1 + \beta_1 \cdot e^{-B_2 t})^{\beta_3}$

Nota. Modelos matemáticos no lineales y su ecuación, considerados para el ajuste de las curvas de crecimiento.

3.7 Estudio costo de producción

A fin de determinar los indicadores económicos del estudio, se identificaron los siguientes parámetros:

Cálculo de utilidad: $U=I-C$ donde, I son los ingresos totales y C son los costos de producción.

Costo beneficio: $B/C = I - C$ donde, I son los ingresos totales y C son los costos de producción.

Ingresos de producción: $I = B * Pc$ donde, B son los pollos ingresados y Pc es el precio comercial.

Costos de producción: $C = Cy + Cf$ donde, Cy son los costos variables y Cf son los costos fijos.

4.1 Temperatura y humedad relativa

Los datos de temperatura ($^{\circ}C$) y humedad relativa (%) fueron tomados a partir del día 1 hasta el día 42 de la fase experimental, donde se utilizó dos termohigrómetros digitales para registrar los niveles variables de los factores ambientales.

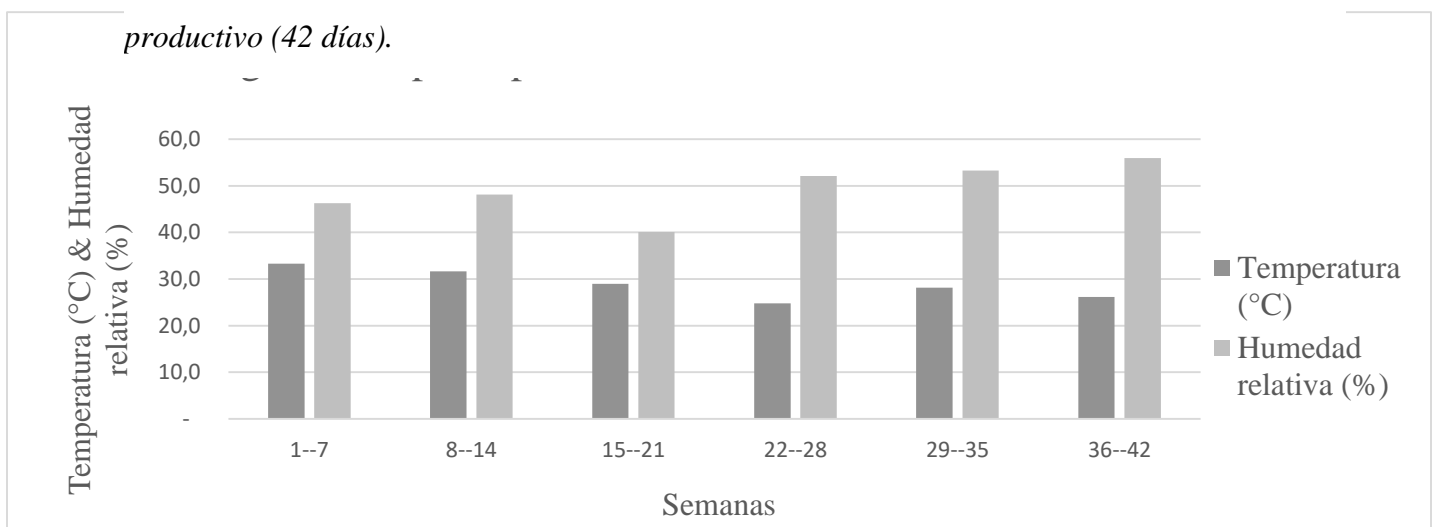
Tabla 4

Medición de la temperatura ($^{\circ}C$) y Humedad relativa (%) semanalmente.

Toma de datos por semana		
Día	Temperatura $^{\circ}C$	Humedad relativa (%)
1-7	33,3	46,3
8-14	31,7	48,1
15-21	29,0	40,1
22-28	24,8	52,1
29-35	28,1	53,3
36-42	26,2	55,9

Figura 1

Medición de la temperatura ($^{\circ}C$) y humedad relativa (%) semanalmente durante el ciclo productivo (42 días).



4.2 Parámetros productivos

En las tablas 4, 5 y 6 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la exposición de diferentes tiempos de iluminación en pollos de engorde, desde el día 8 (inicio de los tratamientos), hasta el día 42 (finalización del ciclo productivo).

Tabla 5

Peso corporal al día 8 con respecto a la exposición de diferentes tiempos de iluminación de 14 h L/10 h O, 17 h L/7 h O y 20 h L/4 h O.

Variable	Tratamiento		
	Exposición a diferentes tiempos de iluminación		
	14 h L/10 h O	17 h L/7 h O	20 h L/4 h O
Peso corporal (g)	157,00±19,39	157,57±19,44	153,51±19,20

Nota. No se observaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos con respecto a la variable peso corporal al día 8.

Tabla 6

Variables productivas evaluadas a partir de la exposición a diferentes tiempos de iluminación

Variables	Tratamiento		
	Exposición a diferentes tiempos de iluminación		
	14 h L/10 h O	17 h L/7 h O	20 h L/4 h O
GPD	71,67±12,12	75,31±9,43	72,89±7,00
GPA	3918,8±528,4	4084,4±413,6	3963,6±324,5
CA	1,7086±0,496	1,5947±0,2625	1,6308±0,1560

GPD: Ganancia de peso diaria
GPA: Ganancia de peso acumulada
CA: Conversión alimenticia

Nota. Parámetros productivos evaluados al día 42 de edad, deduciéndose que la ganancia de peso diario, ganancia de peso acumulada y conversión alimenticia se comportaron estadísticamente similares en cada uno de los tratamientos.

Tabla 7

Índices productivos evaluadas a partir de la exposición a diferentes tiempos de iluminación 14 h L/10 h O, 17 h L/7 h O y 20 h L/4 h O al día 42 de edad.

Variable	Tratamiento		
	Exposición a diferentes tiempos de iluminación		
	14 h L/10 h O	17 h L/7 h O	20 h L/4 h O
EA	190,80±55,37	208,21±47,01	193,90±36,72
IP	121,46±47,43	136,64±43,71	122,04±34,93

EA: Índice de eficiencia Americana

IP: Índice de productividad

Nota. Índices productivos evaluados al día 42 de edad, deduciéndose que el porcentaje de eficiencia americana y el índice de productividad se comportaron estadísticamente similares en cada uno de los tratamientos.

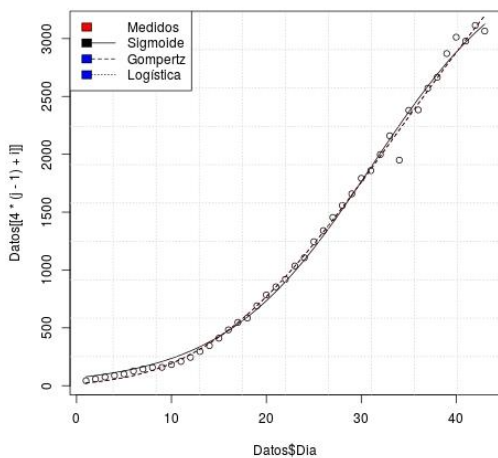
4.3 Curvas de crecimiento

En las figuras 2,3 y 4 se presentan las gráficas de las curvas de crecimiento ajustadas a los modelos no lineales analizados.

Para el ajuste de las curvas de crecimiento y selección del modelo no lineal, se utilizó el programa de R; Para hallar las ecuaciones de Gompertz se utilizó la plataforma de programación y cálculo numérico MATLAB, se puede observar el procedimiento realizado en el Apéndice A.

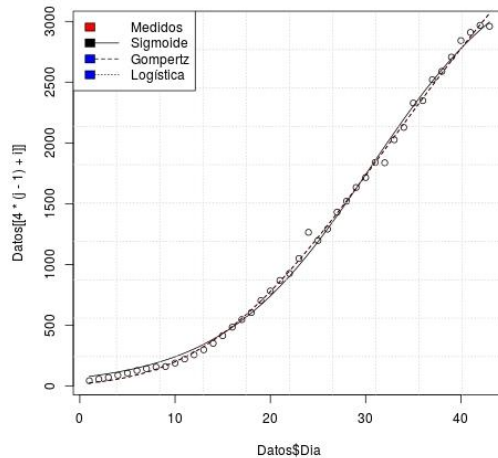
Figura 2

Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 1, replicas 1,2,3 y 4 expuestas a 14 h L/10 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida.



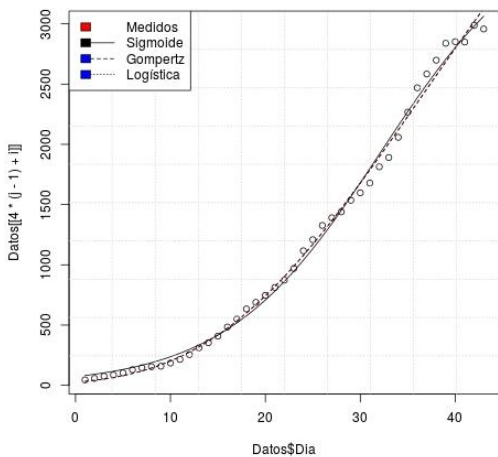
$$T1R1 = 6924e^{-5.76e^{-0,05172x}}$$

Réplica 1



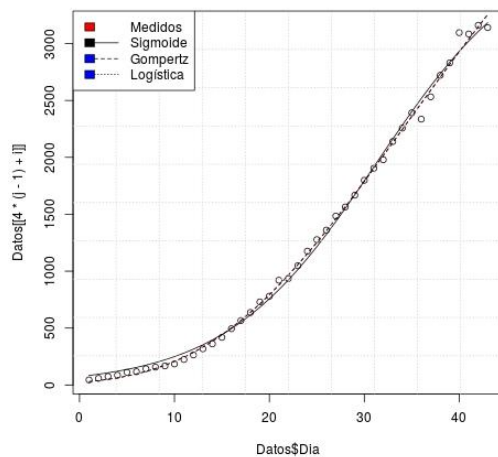
$$T1R2 = 7004.0e^{-5.616e^{-0,05295x}}$$

Réplica 2



$$T1R3 = 8062.0e^{-5.566e^{-0,04688x}}$$

Réplica 3



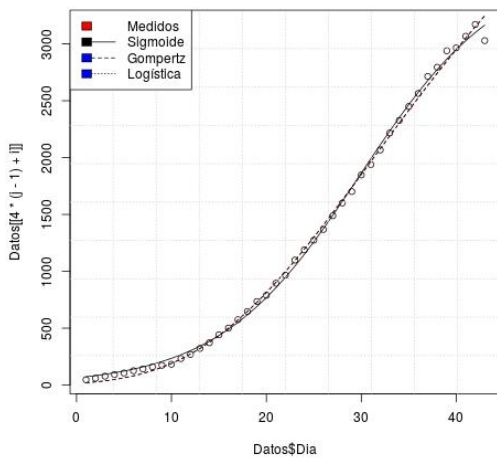
$$T1R4 = 7095.0e^{-5.625e^{-0,05012x}}$$

Réplica 4

Nota. Curvas de crecimiento de los pollos para el tratamiento 1, réplica 1,2,3 y 4, donde se observa las curvas que forman los datos cuando las aves llegan al final del ciclo productivo.

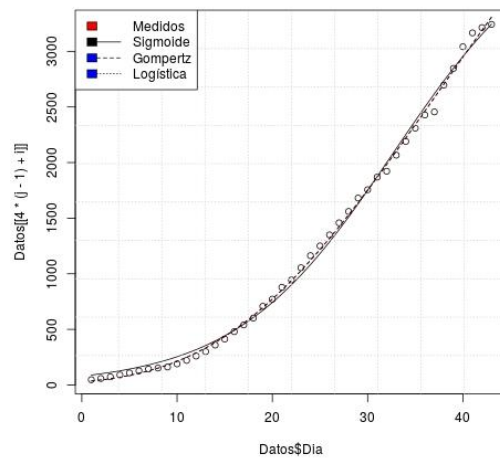
Figura 3

Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 2, replicas 1,2,3 y 4 expuestas a 17 h L/7 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida.



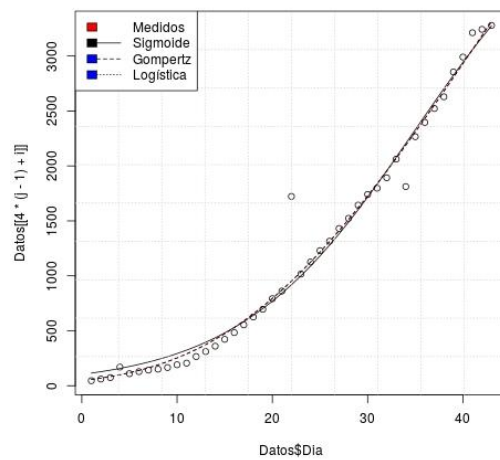
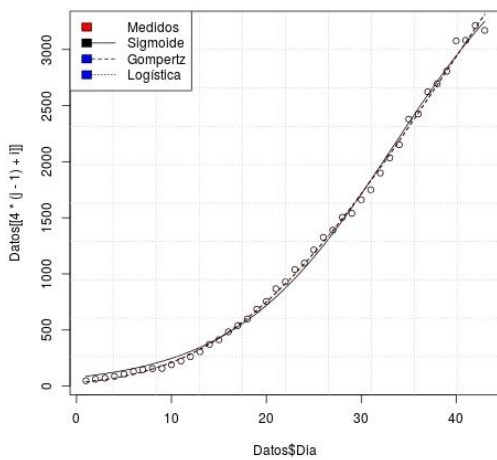
$$T2R1 = 6791.0e^{-5.917e^{-0,05685x}}$$

Réplica 1



$$T2R1 = 8092.0e^{-5.568e^{-0,04542x}}$$

Réplica 2



$$T2R3 = 9460.0e^{-5.588e^{-0,04295x}}$$

Réplica 3

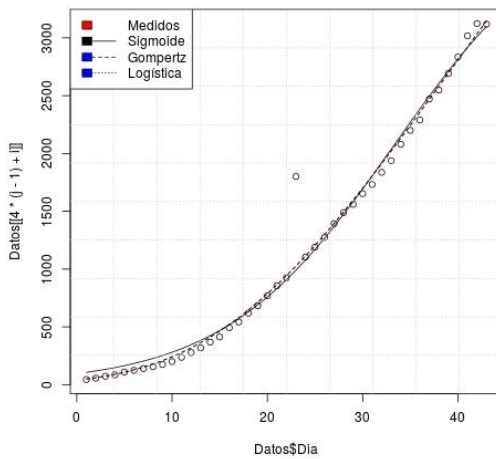
$$T2R4 = 9978.0e^{-5.253e^{-0,03863x}}$$

Réplica 4

Nota. Curvas de crecimiento de los pollos para el tratamiento 2, réplica 1,2,3 y 4, donde se observa las curvas que forman los datos cuando las aves llegan al final del ciclo productivo.

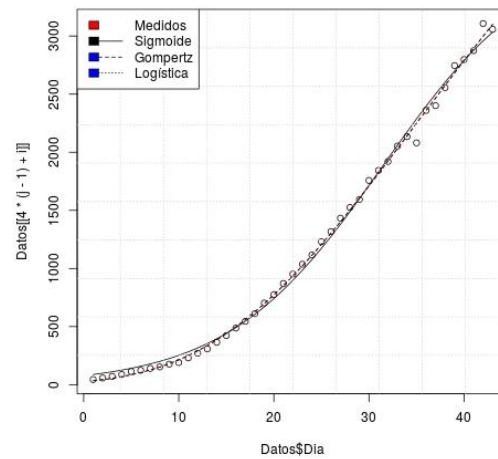
Figura 4

Comportamiento del peso vivo para el tratamiento 3, réplicas 1,2,3 y 4 expuestas a 20 h L/4 h O, a partir del día 1 al día 42 de vida.



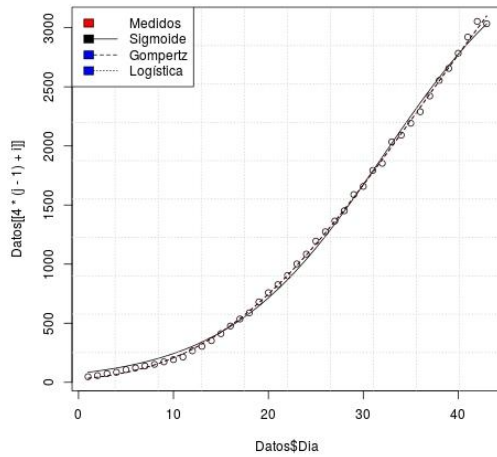
$$T3R1 = 7906.0e^{-5.205e^{-0,042275x}}$$

Réplica 1



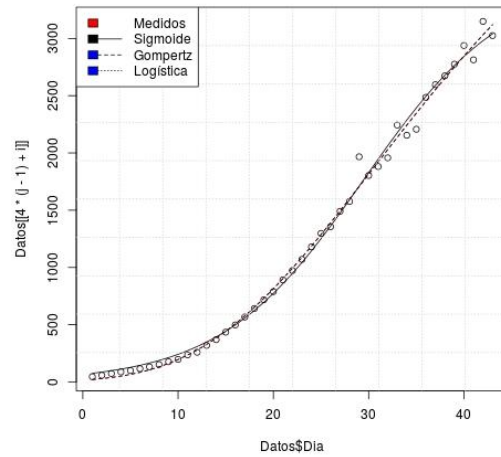
$$T3R2 = 7776.0e^{-5.443e^{-0,04843x}}$$

Réplica 2



$$T3R3 = 7287.0e^{-5.496e^{-0,04648x}}$$

Réplica 3



$$T3R4 = 5705.0e^{-5.791e^{-0,0576x}}$$

Réplica 4

Nota. Curvas de crecimiento de los pollos para el tratamiento 3, réplica 1,2,3 y 4, donde se observa las curvas que forman los datos cuando las aves llegan al final del ciclo productivo.

4.3.1 Modelo elegido

El modelo de crecimiento que mejor se ajustó a las curvas fue el sigmoideo, presentando mínimo error cuadrático al conjunto de datos. Pese a que las diferencias entre los modelos no lineales son pequeñas y al ser este el criterio de elección, el modelo de Gompertz presentó un mayor ajuste, por ende, se postula como un modelo acorde para simular y determinar parámetros de crecimiento en pollos de engorde broiler.

4.4 Costos de producción

Tabla 8

Presupuesto de inversión, clasificación en costos fijos y variables.

Costos			
Equipos/Insumos/Servicios	Tipo de costo	\$	
Semovientes	Costos fijos	\$	1.028.400,00
Insumos de desinfección	Costo variable	\$	25.000,00
Alimentación	Costo variable	\$	1.754.031,00
Luz/agua	Costos fijos	\$	659.783,00
Total		\$	2.714.814

Nota. Costo total de inversión durante el ciclo productivo (42 días).

4.4.1 Cálculo de utilidad

Tabla 9

Indicador económico de cálculo de utilidad.

Cálculo de utilidad			
Tratamientos	Ingresos totales	Costos de Producción	Total \$
T1	\$ 1.245.600	\$ 876.618	\$ 368.982
T2	\$ 1.176.920	\$ 904.940	\$ 271.940
T3	\$ 1.234.760	\$ 933.257	\$ 301.503

Nota. Descripción del indicador económico cálculo de utilidad.

4.4.2 Costo/beneficio

Tabla 10

Indicador económico costo/beneficio.

Costo/beneficio			
Tratamientos	Ingresos totales	Costos de producción	Total
T1	\$ 1.245.600	\$ 876.618	1,42
T2	\$ 1.176.920	\$ 904.940	1,31
T3	\$ 1.234.280	\$ 933.257	1,32

Nota. Cuando el valor de relación costo/beneficio es superior a 1, indica que los beneficios superan los costos.

4.4.3 Ingresos de producción

Tabla 11

Indicador económico ingresos de producción.

Ingresos de producción			
Tratamientos	Pollos Ingresados	Precio Comercial	Total \$
T1	40	\$ 31.140	\$ 1.245.600
T2	40	\$ 29.423	\$ 1.176.920
T3	40	\$ 30.857	\$ 1.234.280

Nota. Ingresos obtenidos por tratamiento al final del ciclo productivo.

4.4.4 Costos de producción

Tabla 12

Indicador económico Costos de producción.

Costos de Producción			
Tratamientos	Costos variables	Costos fijos	Total \$
T1	\$ 593.010	\$ 283.608	\$ 876.618
T2	\$ 593.010	\$ 311.930	\$ 904.940
T3	\$ 593.010	\$ 340.247	\$ 933.257

Nota. Gastos necesarios para el sustento de cada tratamiento.

5. Conclusiones

Se recomienda usar el programa de iluminación 14 h L/10 h O, al no presentarse diferencias significativas en los parámetros productivos de pollo de engorde sometido a diferentes tiempos de iluminación.

Al realizar control de temperatura y humedad relativa durante la primera semana de vida de los animales experimentales, se observó adecuado crecimiento de pesos al final del ciclo productivo de acuerdo a la raza y sobrevivencia de 94%.

Los modelos que describen el comportamiento del crecimiento del pollo de engorde, criado en confinamiento es el Sigmoideo y Gompertz.

Referencias Bibliográficas

- ., G. R., ., M. R., ., H. H., & ., H. S. (2005). The Effect of Intermittent Lighting Schedule on Broiler Performance. *International Journal of Poultry Science*, 4(6), 396-398.
<https://10.3923/ijps.2005.396.398>
- ., H. A. O., ., J. P. T., ., W. A. D. I., ., J. P., ., W. B. R., & ., S. L. B. (2006). A Review of Lighting Programs for Broiler Production. *International Journal of Poultry Science*, 5(4), 301-308. <https://10.3923/ijps.2006.301.308>
- Calvet, S., Van den Weghe, H., Kosch, R., & Estellés, F. (2009). The influence of the lighting program on broiler activity and dust production. *Poultry Science*, 88(12), 2504-2511.
<https://10.3382/ps.2009-00255>
- Campo, J. L., & Dávila, S. G. (2002). Effect of photoperiod on heterophil to lymphocyte ratio and tonic immobility duration of chickens. *Poultry Science*, 81(11), 1637-1639.
<https://10.1093/ps/81.11.1637>
- Determinantes de la avicultura*
- Divier A Agudelo-Gómez, Mario F Cerón-Muñoz M, & Luis F Restrepo L. (2007). Modelación de funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal Modeling of growth functions applied to animal production. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 20(2), 157-173.
<https://doaj.org/article/9cf5b39199f544f7ab93ee49cbff6d17>

GLOSARIO DE TERMINOS. Página web de plantaavicularosablanca.

<http://plantaavicularosablanca.jimdofree.com/avidatos/>

GOMES DE OLIVEIRA, R., & JOSÉ CAMARGOS LARA, L. (2016). *Lighting programmes and its implications for broiler chickens*. Cambridge University Press on behalf of World's Poultry Science Association. <https://10.1017/S0043933916000702>

Hauser, J., & Huber-Eicher, B. (2004). Do domestic hens discriminate between familiar and unfamiliar conspecifics in the absence of visual cues? *Applied Animal Behaviour Science*, 85(1), 65-76. [https://https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.09.006](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.09.006)

Influencia de la luz sobre el comportamiento de las aves / PortalVeterinaria.

<https://www.portalveterinaria.com/avicultura/articulos/2709/influencia-de-la-luz-sobre-el-comportamiento-de-las-aves.html>

Ingram, D. R., Hattens, L. F., & McPherson, B. N. (2000). Effects of Light Restriction on Broiler Performance and Specific Body Structure Measurements. *Journal of Applied Poultry Research*, 9(4), 501-504. <https://10.1093/japr/9.4.501>

Karakaya, M., Parlat, S. S., Yilmaz, M. T., Yildirim, I., & Ozalp, B. (2009). Growth performance and quality properties of meat from broiler chickens reared under different monochromatic light sources. *Null*, 50(1), 76-82. <https://10.1080/00071660802629571>

Kristensen, H. H., White, R. P., & Wathes, C. M. (2009). Light intensity and social communication between hens. *British Poultry Science*, 50(6), 649-656. <https://10.1080/00071660903277353>

Lorenzo, J. M., Purriños, L., García, G., García-Fontán, M. C., & Franco, Y. D. *Influencia del fotoperiodo en las características de la canal de gallinas de desvieje*

Manual Práctico para la producción de Pollo de Engorde

Maria, V., Abreu, N., Giovanni De Abreu, P., Coldebella, A., Fátima, R., Ferreira, J., Irineu, J., Filho, S., & Pedroso De Paiva, D. *Curtain color and lighting program in broiler production: I - general performance*

NARINÇ, D., ÖKSÜZ NARINÇ, N., & AYGÜN, A. (2017). *Growth curve analyses in poultry science*. Cambridge University Press on behalf of World's Poultry Science Association. <https://10.1017/S0043933916001082>

Navara, K. J., & Nelson, R. J. (2007). The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research*, 43(3), 215-224. <https://10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x>

Newberry, R. C. (1995). Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 44(2), 229-243. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00616-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00616-Z)

OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030

Ohtani, S., & Leeson, S. (2000). The effect of intermittent lighting on metabolizable energy intake and heat production of male broilers. *Poultry Science*, 79(2), 167-171. <https://10.1093/ps/79.2.167>

Paz -Bolivia, L. (2010). *T-1485*

Las Plumas ALA. <http://las-plumas-ala.com>

Schwean-Lardner, K., & Classen, H. *Iluminación para Pollo de Engorde*

Yoshida, S., Harumi, Pacheco, A., Mendes, Montanha, F., Pizzolato, Souza, F., Arantes,

Astolphi, J., Luis, Astolphi, M., & Zundt. *REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE*

MEDICINA VETERINÁRIA -ISSN: 1679-7353 DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ NA

CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE DIFFERENT PROGRAMS OF LIGHT IN THE

CREATION OF BROILER

Apéndices

Apéndice A. Enlaces de soporte de procedimientos.

- ✓ https://www.mediafire.com/file/4p84xnakk1bf71o/Procedimiento_para_hallar_las_ecuaciones_de_Gompertz.pdf/file
- ✓ https://www.mediafire.com/file/158u60f38pbxwtc/AjusteSigmoide_%25281%2529.tar.gz/file

Apéndice B. Preparación del galpón y equipos avícolas.



Apéndice C. Manejo de los animales.



Apéndice D. Manejo de la iluminación.

