



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

TESIS

FUNCION DE PRODUCCION DE PAVOS DIAMANTE DOBLE
PECHUGA EN SISTEMA INTENSIVO.

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO
ZOOTECNISTA

PRESENTA
EMANUEL VILLA ALPIZAR

ASESOR
DR. en CARN. HÉCTOR HUGO VELÁZQUEZ VILLALVA

COASESOR
DR. en CARN. RODOLFO ROGELIO POSADAS DOMINGUEZ

TEMASCALTEPEC, MÉXICO; ABRIL DE 2024

INDICE

INDICE CUADROS	v
INDICE FIGURAS	vi
INDICE GRAFICAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	4
3.1 Planteamiento del problema	4
3.2 Pregunta de investigación.....	5
IV. OBJETIVOS.....	6
4.1 Objetivo general.....	6
4.2 Objetivos específicos	6
V. MARCO TEORICO	7
5.1 Contexto mundial.....	7
5.2 Consumo	8
5.3 Contexto nacional	8
5.4 Consumo	9
5.5 Importaciones	9
5.6 Exportaciones	10
5.7 Sistema de producción	10
5.7.1 Tradicional.....	10
5.7.2 Semi-intensivo.....	11
5.7.3 Intensivo.....	11

5.8 Características generales	12
5.9 Principales líneas.....	13
5.9.1 Bronceado americano	13
5.9.2 Blanco de Holanda.....	14
5.9.3 Narragansett	15
5.9.5 Ardesia (slate)	17
5.9.6 Blanco de Beltsville	18
5.9.7 Rojo de Bourbon	19
5.9.8 Bronceado gigante (de doble pechuga)	19
5.9.9 Blanco gigante	20
5.9.10 Pavo de campo bronceado y blanco	22
5.9.11 Pavo blanco..	23
5.10 Nutrición.....	24
5.10.1 Proteína cruda.....	25
5.10.2 Energía.....	25
5.10.3 Micronutrientes.....	25
5.11. Alimentación en etapas.....	26
5.11.1 Dieta tipo 1	27
5.11.2 Dieta tipo 2	27
5.11.3 Dieta tipo 3	28
5.12 Alimentación en pavos.....	28
5.12.1 Energético	28
5.12.2 Proteicos	29
5.13 Sistema digestivo.....	29
5.13.1 Boca.....	30

5.13.2 Esófago	30
5.13.4 Molleja.....	30
5.13. 5 Páncreas	31
5.13.6 Hígado.....	31
5.13.7 Intestino delgado	31
5.13.8 Ciegos	32
5.14 Aparato reproductor del macho	32
5.15 Aparato reproductor de la hembra y formación del huevo	33
5.15.1 Oviducto	34
5.15.2 El oviducto.....	34
5.16 Función de producción.....	34
5.17 Rendimiento creciente	35
5.17.1 Rendimiento decreciente.....	36
5.17.2 Rendimientos negativos	36
5.18 Óptimo técnico	36
5.19 Óptimo económico	37
5.20 Valor equivalente	37
VI. MATERIALES Y METODOS.....	39
6.1 Sitio experimental	39
6.2 Preparación de la instalación.....	41
6.3 Cortinas	42
6.4 Recepción de los pavos.....	43
6.6 Alimentación	44
6.7 Alimentación de pavos.....	45
6.8 Suministro de agua.....	46

6.9 Variables de respuesta	47
6.9.1 Peso vivo inicial (PVI).....	47
6.9.2 Peso vivo Semanal (PVS)	47
6.10 Consumo semanal de alimento	47
6.11 Análisis de los resultados	48
VII RESULTADOS.....	50
7.1 Función de producción.....	50
7.2 Niveles de optimización	58
7.2.1 Óptimo técnico	58
7.2.2 Óptimo económico	59
7.3 Precios equivalentes.....	61
VIII. CONCLUSIONES	63
IX. REFERENCIAS	64
X. ANEXOS	67

INDICE CUADROS

Cuadro 1. Aporte nutrimental del alimento comercial empleado en la engorda de pavos.....	44
Cuadro 2. Cantidad de producto utilizado y de producto obtenido	50
Cuadro 3. Cuadro de producto medio.	52
Cuadro 4. Estadísticas de la regresión de la función de producción de pavos	55
Cuadro 5. Análisis de varianza (Excel).....	56
Cuadro 6. Precio ponderado del alimento	60
Cuadro 7. Precios equivalentes de kg. de pavo en pie	62
Cuadro 8. Datos analizados en (SAS).....	72

INDICE FIGURAS

Figura 1. Pavo Bronceado americano	14
Figura 2. Pavo Blanco de Holanda.....	15
Figura 3. Pavo Narragansett	16
Figura 4. Pavo raza negra.....	17
Figura 5. Pavo Ardesia (slate)	17
Figura 6. Pavo Blanco de Beltsville	18
Figura 7. Pavo Rojo de Bourbon	19
Figura 8. Pavo Bronceado gigante (de doble pechuga)	20
Figura 9. Pavo Blanco gigante	21
Figura 10. Pavo de campo bronceado y blanco	22
Figura 11. Pavo blanco, de tamaño pequeño a mediano, tipo de Beltsville	23
Figura 12. Macro localización del lugar experimental.....	39
Figura 13. Micro localización del lugar experimental.....	40
Figura 14. Sitio experimental.....	40
Figura 15. Corrales de varilla y cubiertas de malla hexagonal	41
Figura 16. Lote con instalación de focos, comederos y bebederos.....	42
Figura 17. Cortinas.....	43
Figura 18. Registro del peso inicial de los pavos	43
Figura 19. Alimentación de los pavos.....	45
Figura 20. Rechazos de alimento.....	46
Figura 21. Antibiótico vitaminado y agua con antibiótico	46

INDICE GRAFICAS

Grafica 1. Insumo acumulado variable independiente (alimento) kg. y variable dependiente peso acumulado del pavo kg.	51
Gráfica 2. Producto total peso del pavo kg., Cantidad de insumo variable consumido (Alimento).	54
Gráfica 3: Producto medio (Pme) y producto físico marginal (Pfm).....	54

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue generar la función de producción de pavos doble pechuga diamante, para poder determinar su óptimo técnico y su óptimo económico, el experimento se realizó en la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, el cual tuvo una duración de 12 semanas, se utilizaron 42 pavos que se ubicaron en jaulas metálicas individuales, se les ofreció alimento y agua a libre acceso, se midieron los pesos y consumos de alimento semanal, los datos utilizados para generar función fueron el consumo de alimento y la ganancia de peso acumulados y se analizaron con el software SAS System 9.0 utilizando el proc reg. La función de producción que se obtuvo fue $Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$, la cual fue altamente significativa con un valor de F de 1168,64 los coeficientes del modelo tienen significancia estadística ya que sus valores de t fueron a:9.29, B0:23.01, B1:-10.55, este modelo se utilizó para calcular, el óptimo técnico se genera cuando el pavo alcanzó su peso máximo de 12.12 kg con un consumo de 37.05 kg de alimento, y el óptimo económico se obtuvo cuando el pavo alcanzó un peso de 11.30 kg. con un consumo de alimento de 26.80 kg. al generar la función de producción y conocer los óptimos, se observó que la ganancia fue mayor cuando el pavo obtuvo un menor peso, en kg. con relación al peso máximo de los animales. Por tanto, el máximo peso de los pavos no implicó obtener la máxima ganancia en dinero y el productor, en condiciones similares de producción, debería comercializar sus pavos con el peso correspondiente al nivel óptimo económico.

Palabras clave: función de producción, óptimo técnico, óptimo económico, pavos

I. INTRODUCCION

La actividad avícola es la que mayor crecimiento ha generado durante los últimos años en el sector pecuario, representa un papel fundamental dentro de la alimentación de la población del mundo tanto de huevo como de carne.

Durante 2019 la industria avícola fue la actividad pecuaria más dinámica del país, actualmente representa 63.3% de la producción pecuaria en México, donde 6 de cada 10 kilogramos son alimentos avícolas como pollo, huevo y pavo.

En la industria avícola los avances tecnológicos, genéticos, nutricionales y de manejo han hecho que se tengan líneas de aves de engorda que presenten mejores tasas de crecimiento, y reduzcan los días al sacrificio (González Sánchez, 2021).

La cría de pavo o guajolote (meleagricultura), es una actividad que se realiza en toda la República Mexicana, principalmente en los estados de Chihuahua, Yucatán, México, Puebla, Guerrero, Hidalgo y Veracruz. La producción de carne de pavo entre los sistemas tecnificados y de tras patio en el país es baja de 10,594 toneladas (t), con respecto a la importación, ya que en el año 2010 se importaron 108,000 t, procedentes de Estados Unidos; por lo que es necesario buscar nuevas alternativas para incrementar la producción de pavo en México y contrarrestar las importaciones (Meléndez López, 2014).

Una de las actividades de la producción es mejorar la alimentación en este tipo de aves, proporcionando una proteína de calidad alta, generando una ganancia de peso en las aves en el menor tiempo posible. Por lo tanto, es indispensables conocer la función de producción mediante análisis.

Una función de producción, además, de permitir la determinación de la eficiencia biológica, permiten indagar en aspectos relacionados con la eficiencia económica, las distintas cantidades de producto que se puede obtener combinando distintas

cantidades de factores productivos y dado cierto nivel de conocimientos o tecnología (Rebollar Puebla, 2021).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en estimar una función de producción que describa la relación que tiene la producción total de carne de pavo y el consumo de alimento.

II. ANTECEDENTES

Un estudio en pollos de engorda desarrollado por Rebollar Puebla, (2021) menciona que la máxima ganancia (óptimo económico) se obtuvo cuando los pollos consumieron 7.02 kg de insumo variable (alimento), y pesaron 3.04 kg ya que en este punto las aves tuvieron una menor conversión alimenticia y eficientes en la transformación de insumo de alimento y ganancia de peso. Si el costo del insumo variable (alimento) baja, en relación con el precio de venta del pollo, la máxima ganancia se obtendrá vendiendo los pollos con mayor peso nivel cercano a la máxima producción (óptimo técnico); por el contrario, si el precio del insumo variable sube, la máxima ganancia se obtiene al vender los pollos con menor peso.

La función de producción se enfoca en analizar cómo se relacionan los factores productivos con la producción, a los individuos presentes en la actividad avícola le es de suma importancia encontrar la secuencia óptima de cruce entre estos factores; volumen de producción, cantidad de alimento, aves en producción y mano de obra empleada en la actividad. Es decir, cómo combinarlos con el fin de garantizar un rendimiento adecuado para una determinada actividad económica (Gonzales Roman, 2021).

También es importante analizar las conductas de crecimiento mediante un aumento preciso de los factores productivos. Un aspecto sumamente importante en las empresas pecuarias es la descripción de su producción en términos de eficiencia del uso de recursos, pues de esto depende el grado de eficiencia económica, el comportamiento decreciente en aves de postura puede reflejar un uso ineficiente de los recursos involucrados en las unidades de producción (Gonzales Roman, 2021).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Planteamiento del problema

En México los productos avícolas son de gran importancia para la alimentación, puesto que son alimentos accesibles, al alcance de todos y poseen un alto contenido nutricional, haciendo a la avicultura uno de los sectores estratégicos más importantes en México (Rebollar Puebla, 2021).

Las proyecciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA 2019) señalan que la producción mundial de carne de pollo llegará a un nuevo récord histórico, con un valor esperado de 97.8 millones de t. Esta cifra superaría en 2.3% la producción mundial obtenida en el 2018 (CEDRSSA, 2019).

En el aporte de proteína por el sector pecuario, la carne de pollo tiene una participación del 39%, seguido del huevo con 17%, es decir, 56% entre los dos alimentos.

La Industria Avícola, presenta la mayor tasa de crecimiento dentro de las actividades agrícolas, pecuarias y pesqueras, constituye un sector fundamental de la producción de alimentos y un importante elemento dentro de la dieta de una gran parte de la población del país.

En 2019 se registró un consumo per-cápita de 33.1 kg (Avicultores, 2019). lo cual refleja un incremento en la cantidad de carne de pollo que es demanda en el país, ante esta situación es importante conocer la estimación de las funciones de producción, que son expresiones matemáticas, que conjugan conceptos económicos y estadísticos y explican la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de los factores. También presentan de manera gráfica la relación producto-producto, factor-factor y factor-producto (Pérez, s. f.).

3.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la función de producción del pavo doble pechuga bajo sistema intensivo?

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Estimar la función de producción en pavos de engorda doble pechuga en sistema intensivo.

4.2 Objetivos específicos

- Estimar el óptimo técnico en pavos de engorda doble pechuga en sistema intensivo
- Estimar el óptimo económico en pavos de engorda doble pechuga en sistema intensivo
- Estimar los precios equivalentes de los pavos de engorda doble pechuga en sistema intensivo

V. MARCO TEORICO

5.1 Contexto mundial

El consumo de pavo ha crecido mundialmente en los últimos 13 años. En el 2000 se consumieron 5.1 millones de t en el mundo, para el 2011 fue de 5.6, lo que significa un incremento del 111%. El comportamiento para los siguientes años fue muy similar y se espera que siga así; indudablemente dado por la tendencia a consumir carnes bajas en contenido de grasas, ricas en proteínas y vitaminas; de tal forma que la carne de pavo es un componente primordial de dietas saludables por su contenido altamente proteico (Ariza Fajardo, 2014).

El consumo mundial de carne de pollo crecerá 0.8% anual durante 2016, para ubicarse en 87.7 millones de t. Además, se prevé aumento en el consumo de carne de pollo en Estados Unidos (2.8%), país que es líder mundial en este rubro. Tanto a nivel global como en el mercado de Estados Unidos, se espera que el consumo crezca a un ritmo similar al de la producción. Durante 2016, el 64.2% del consumo mundial de carne de pollo se concentrará en cinco países: Estados Unidos (17.7%), China (14.5%), Unión Europea (11.8%), Brasil (10.8%), India (4.8%) y México (4.7%). Asimismo, se espera que el consumo de 2016 sea superior al observado en 2015 en los países anteriormente citados, excepto en China, donde se espera una variación de -4.4 por ciento anual (FIRA, 2016).

Los principales productores de carne de pavo tradicionalmente han sido, Estados Unidos y la Unión Europea, pero en los últimos años países latinoamericanos como Brasil se han convertido en grandes productores internacionales y otros en potenciales productores como Perú y Chile, en general con la perspectiva de exportar su producción a países de Centro América como México, que es uno de los principal importadores de carne de pavo en el mundo, Europa y Asia, debido a sus problemas de gripe aviar. De otro lado el comercio mundial de carne de pavo ha aumentado, pasando de 18.206 Toneladas en 1970 a 5.39 millones de toneladas

en el 2007. Este mercado se encontraba centralizado para el año 2007 principalmente en cuatro países/región exportadores como son Estados Unidos, Brasil, Unión Europea y Canadá. Dentro del comercio mundial de pavo se puede exportar material genético como reproductor, huevo fértil, pavito BB o se puede exportar carne de pavo y sus procesados (Ariza Fajardo, 2014).

5.2 Consumo

El consumo en México fue de 4 millones de toneladas en 2018. Del total consumido, 80% se produjo por la industria avícola doméstica. La producción de carne de pollo obtuvo un crecimiento de 3%, mientras el consumo registró un incremento de 2.8% con respecto al año anterior. Destacándose, que entre las proteínas más consumidas en México está la carne de pollo, donde su consumo fue de 4 millones de t en 2018 (aviNews, 2019). En 2018, el consumo *per cápita* mundial de carne de pollo se estimó en 14.2 kg por persona por año y se augura que podría incrementarse 5.5% en la próxima década. Entre los principales consumidores, destaca Estados Unidos y Brasil.

5.3 Contexto nacional

El consumo nacional de pavo o guajolote al año es de casi 1.3 kilos *per cápita* y la producción se concentra en 11 estados, que tienen el 93% del total. Los principales productores son Yucatán, 23.5%; Puebla, 15.2%; Estado de México, 14.5%; Veracruz, 8.3%; Tabasco, 7.0% y el resto del país produce 32%.

De acuerdo con datos del SIAP-SADER, el inventario nacional de aves para producción de carne al cierre de 2017 fue de 353.9 millones de aves. La producción de carne de pollo es la segunda actividad en importancia como generadora de valor entre las actividades pecuarias; en 2018 aportó 23.7% de valor total de la producción pecuaria nacional, la cual se estimó en 451,566 millones de pesos. Durante 2018, la producción de carne de pollo se ubicó en un máximo histórico de

3.34 millones de toneladas, es decir, registró un incremento anual de 3.9%. Dicho crecimiento fue superior al promedio anual registrado en los últimos diez años, de 2.6% (Rebollar Puebla, 2021) .

5.4 Consumo

En los últimos cinco años, el consumo de carne de pollo en México creció a un ritmo superior que el de la producción. En 2018, el consumo se ubicó en 3.8 millones de toneladas y la producción en 3.3 millones de t, lo que significa un déficit de alrededor de 500 mil t.

De acuerdo con datos del SIAP-SADER, se estima que durante 2019 el consumo de este cárnico en México se incrementaría 2.7%, con lo cual la demanda nacional de pollo podría haberse ubicado en 3.9 millones de toneladas (FIRA, 2016).

5.5 Importaciones

De acuerdo con datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) de la Secretaría de Economía, en 2018 se importaron 526 mil t de carne de pollo.

Se estima que durante 2019 el volumen de las importaciones se incrementó 5.8%, para ubicarse en 550 mil toneladas. Estados Unidos ha sido el principal proveedor de las importaciones mexicanas de carne de pollo. A partir de la apertura del cupo de importación en 2013, las importaciones provenientes de Brasil se han incrementado considerablemente, al pasar de 293 toneladas en 2013 a 89.6 miles de toneladas en 2018. Así, la participación de mercado se incrementó de 1 a 17% (Rebollar Puebla, 2021).

5.6 Exportaciones

A pesar de que las exportaciones mexicanas de carne de pavo sólo representan un pequeño porcentaje de la industria avícola de México, las exportaciones de carne de pavo aumentaron casi 160 por ciento de enero a abril de 2010 en comparación con 2009.

5.7 Sistema de producción

Por lo general, se incluyen tres sistemas de producción:

- Tradicional
- Semi-intensivo
- Intensivo

5.7.1 Tradicional

Este sistema es utilizado para producir pavo para autoconsumo o en sistemas caseros. Las características principales del sistema extensivo son estas:

- Bajos costos de producción.
- Baja densidad de aves (menos de 50 aves).
- Mano de obra familiar para el manejo de la unidad.
- Nivel de producción bajo.
- Alta mortalidad.
- Incubación natural.
- El uso de la tecnología es escaso.
- Dependencia de concentrados mínima.
- Poca inversión en instalaciones.
- Por lo general, los animales se mantienen sueltos.
- Sacrificio de los animales se realiza de manera rústica o casera.

- Los animales son consumidos en el hogar; solo unos pocos son vendidos a particulares.
- Las utilidades pueden ser mínimas, de subsistencia o no existen.

5.7.2 Semi-intensivo

Las características principales del sistema semiintensivo son las siguientes:

- Costos de producción altos.
- Alta densidad de aves por m² es alta (entre 3 y 4 aves).
- Mano de obra familiar y contratada para el manejo de la unidad.
- Nivel de producción alto (entre 6 a 7 kg a las 10 semanas).
- Baja mortalidad (menor al 8 por ciento).
- Sistemas de bioseguridad.
- Incubación artificial.
- Uso de la tecnología alto.
- Alta dependencia de concentrados
- Sistemas de alimentación manual y automáticos.
- Sistemas de bebederos manuales y automáticos.
- Alta inversión en instalaciones.
- Animales 100 por ciento confinados.
- Sacrificio en matadero especializado y certificado.
- Sistemas integrados para la comercialización de la producción.
- Altas utilidades.

(Cordero Salas, 2014)

5.7.3 Intensivo

En este nivel la tecnología utilizada es de avanzada: sistemas cerrados de ambiente controlado, sistemas de alimentación automatizada, sistemas de industrialización, controles de bioseguridad, control de la comercialización del producto, máxima utilización del espacio y altas utilidades por el volumen de producción. Las

características principales del sistema intensivo son las que se enumeran enseguida:

- Costos de producción altos.
- Alta densidad de aves por m² (más de 4 aves).
- Mano de obra contratada.
- Nivel de producción alto (más de 7 kg a las 10 semanas).
- Baja mortalidad (menor al 5 por ciento).
- Sistemas de bioseguridad.
- Incubación artificial.
- Uso de tecnología alto.
- Alta dependencia de concentrados.
- Sistemas de alimentación manual y automáticos.
- Sistemas de bebederos manuales y automáticos.
- Alta inversión en instalaciones (sistemas de ambiente controlado).
- Animales 100 por ciento confinados.
- Sacrificio en matadero especializado y certificado.
- Sistemas integrados para la comercialización de la producción.
- Altas utilidades (Cordero Salas, 2014).

5.8 Características generales

El pavo presenta una cabeza con piel desnuda, roja pálida con variaciones azuladas, recubierta de verrugas y carúnculas de diferentes tamaños de color rojo más o menos intenso.

Sobre la frente, un apéndice carnosos eréctil (moco), varía su longitud de acuerdo al estado de excitación, particularmente desarrollado en el macho. En la parte superior del pecho presenta un penacho, de hasta 15 cm en el macho, menor en la hembra. El color del plumaje varía entre negro y marrón con tintes metálicos en los domésticos, siendo más claros o blancos en las líneas comerciales.

En las explotaciones, dada la falta de estímulos clave y motivaciones maternas, los pavitos se muestran más aturdidos e inmaduros que los que se crían con la pava. Ante la ausencia de esta referencia e imitación son lentos en la adaptación al medio y en la defensa, se muestran desorientados, reaccionando y dependiendo de cualquier estímulo, especialmente sonoro o luminoso que se presente en éste nuevo sitio (Cántaro Sánchez, 2010).

5.9 Principales líneas

5.9.1 Bronceado americano

El bronceado americano es la raza que tiene un aspecto físico más parecido al pavo salvaje, pero es mucho más grande, con sus más de 15 kilogramos en el caso del macho y cerca de los 10 kg en las hembras.

En el macho, el cuello, pecho, grupa y parte inferior del abdomen son de color negro-rojizo con reflejos rojo-verdosos; las alas son blancas; en la cola, las plumas son negras con línea periférica blanca; en la cabeza y en la parte superior del cuello, tienen plumas rojizas con superposición de reflejos azules.

En la hembra, el blanco es más intenso en costados, alas, cola y parte superior del abdomen; el pico es blanco amarillento; el iris de los ojos es castaño oscuro y la piel es blanca, pero puede amarillear con una alimentación adecuada (Kessel M, 1971).

Figura 1. Pavo Bronceado americano



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo Bronceado - Aves de Corral*, s. f.)

5.9.2 Blanco de Holanda

El plumaje es, sobre todo, blanco, aunque en el pecho es negro, cuya forma es de pincel; el pico es blanco amarillento; el iris de los ojos es castaño oscuro; la piel es blanca o de color pajizo; en pavipollos, el plumón es de color amarillo, lo cual constituye el blanco un defecto grave; el peso es menor que en el bronceado de América.

Su explotación es la más considerada debido a sus plumas blancas (Kessel M, 1971)

Figura 2. Pavo Blanco de Holanda



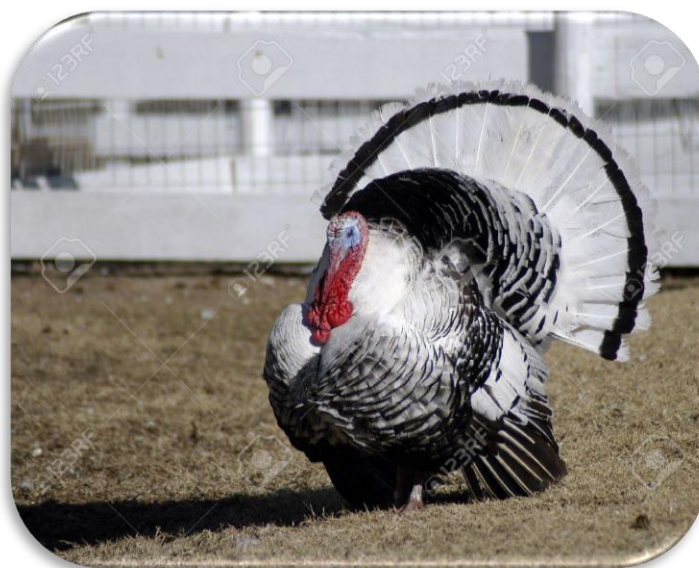
Fuente: imagen propiedad de (*Pavo Blanco de Holanda - Aves de Corral*, s. f.)

5.9.3 Narragansett

Esta raza se formó en Rhode Island, de los Estados Unidos. El color de su plumaje es similar al del bronceado americano, pero sin el lustre rojo verdoso tornasol ni el bronceado característico. En vez de estas coloraciones, es negro y gris acerado, cruzado con barras negras. Los principales colores del plumaje son negro brillante, plateado y blanco.

En machos, las plumas del cuello son gris-pardo, recubren las negras; en la cola, son negras con bordes blancos; y en el pecho, son de color gris, también recubren a las negras; y en el dorso, son grises. El adorno en el pecho, el pincel, es negro. Los tarsos son de color rojo-oscuro; el iris es marrón oscuro y la piel es blanca. Las hembras son más claras, con salpicaduras grises sobre el pecho y el abdomen. Los pavipollos son de color gris oscuro (Kessel M, 1971)

Figura 3. Pavo Narragansett



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo Narragansett | Características, crianza, alimentación y más*, s. f.)

5.9.4 Raza negra

El plumaje es negro metálico con reflejos verdosos, tanto en machos como en hembras. El pico es gris oscuro; el iris de color muy oscuro; los tarsos con de tonalidad oscura (jóvenes) y rojo claro (adultos); la piel es blanca.

Los pavipollos, son negros con manchas amarillas en las alas, y en ocasiones, también en la región abdominal (Kessel M, 1971).

Figura 4. Pavo raza negra



Fuente: imagen propiedad de (criadeaves, 2018)

5.9.5 Ardesia (slate)

Tanto en machos como en hembras, el color es gris pizarroso; el pico es gris; los tarsos son rojo claro, en adultos; el iris es de color marrón oscuro. Los pavipollos tienen el plumón amarillo

Figura 5. Pavo Ardesia (slate)



Fuente: imagen propiedad de (Ysa98, 2019)

5.9.6 Blanco de Beltsville

El pavo de Beltsville fue seleccionado en 1741 en EE.UU. y se reconoció como variedad en 1951.

Es una raza de pequeño tamaño (8 kg los adultos), con un pecho ancho y bastante resistente a las enfermedades, lo que la hace muy adecuada para el consumo familiar. Su capacidad transformadora de alimentos en carne es bastante buena. Este animal posee aptitudes propicias para la reproducción y gran precocidad.

Respecto a la producción de huevos es bastante elevada (158 por temporada de puesta); tiene alta fertilidad (89%); y gran porcentaje de nacimientos (70% de huevos incubados). El plumaje, tanto en machos como en hembras es completamente blanco (Kessel M, 1971).

Figura 6. Pavo Blanco de Beltsville



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo Blanco de Beltsville - Origen, Características y Alimentación*, s. f.)

5.9.7 Rojo de Bourbon

El rojo de Bourbon es mucho más grande que el Belstville blanco, con sus más de 15 kg, en el caso del macho, y cerca de los 10 kg, en las hembras.

El macho es rojo oscuro con borde negro. En las alas, tienen plumas blancas (timoneras). La hembra tiene colores semejantes, pero sin bordes blancos.

Los tarsos son rosa-claros, adultos, y oscuros, en jóvenes. La piel es blanca con variaciones amarillentas. Los pavipollos tienen el plumón de color amarillo-crema, con las alas marrones y claras en la base (Kessel M, 1971).

Figura 7. Pavo Rojo de Bourbon



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo Borbón Rojo | Características, crianza, alimentación y más*, 2022)

5.9.8 Bronceado gigante (de doble pechuga)

Es la raza más grande y popular. El macho adulto llega a pesar hasta 20 kg, mientras las hembras 18 kg. 14 La cabeza es roja, pero puede variar a blanco-azulado. El pico es oscuro en su base y claro en la punta; los ojos son pardo-oscuros. El cuello es bronce-cobrizo.

Los muslos y los dedos son negros.

El plumaje es similar al de la raza bronceada, los bordes de las plumas son grisáceos y tienen una formación anatómica general más pesada, con masas musculares bastante desarrolladas (sobre todo los pectorales).

Las patas y el cuello son bastante robustos.

El tronco es compacto.

La capacidad reproductora es limitada en ambos sexos. La producción de huevos y nacimientos es mediocre, por lo que se recurre a la inseminación artificial (Kessel M, 1971).

Figura 8. Pavo Bronceado gigante (de doble pechuga)



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo Bronceado - Aves de Corral*, s. f.)

5.9.9 Blanco gigante

Raza originaria de los Estados Unidos; presenta cambios en el plumaje, puede pasar del bronceado al blanco. Las patas y los dedos son blancos. La cabeza suele ser blanca, aunque puede variar a roja. La escobeta del macho, negra. Al igual que el bronceado gigante es de las razas de pavo más grandes, la hembra pesa de 8 a 9 kg y el macho de 15 a 20 kg.

La mayor parte de los pavos bronceados fueron restituidos por los nuevos pavos blancos. Esta última especie se prefiere porque, tras el desplumado, son menos visibles los cañones de la piel, lo cual ocurre cuando las plumas son blancas (mejor aceptadas por los consumidores).

A pesar de la variedad considerable de razas de pavos que todavía existen, la mayor parte de pavos que se destinan a consumo humano son híbridos comerciales y descienden del blanco de Holanda.

Los híbridos comerciales son los pavos completamente blancos que podemos encontrar, normalmente, en las carnicerías. Algunas razas tradicionales se obtuvieron por el cruce de pavos domésticos con ejemplares de pavos salvajes; este es el caso del bronceado América, pero la mayoría se han obtenido a partir de la selección artificial (Kessel M, 1971)

Figura 9. Pavo Blanco gigante



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo blanco de pecho ancho* | *Gallinas ponedoras*, 2023)

5.9.10 Pavo de campo bronceado y blanco

En esta categoría se ubican los pavos pequeños y medianos de color bronceado; son comunes en sistemas de producción del tipo casero o familiar. El macho se reconoce por la cabeza, la papada y la garganta rojas; el pescuezo bronce brillante cambia a blanco azulado; las alas bronce brillante, que terminan en una banda negra amplia; la cola negra mate; el dorso, desde el pescuezo hasta medio cuerpo, a bronce brillante; cada pluma termina en una banda negra angosta. El pecho es bronce brillante, las plumas, en su parte inferior, terminan en una banda negra.

La hembra tiene el plumaje casi de los mismos colores, salvo un borde blanco en las plumas del dorso, el arco en las cubiertas de las alas, así como en el pecho y el cuerpo. Estos bordes son angostos en el frente y se ensanchan gradualmente, hacia la parte termina(Kessel M, 1971).

Figura 10. Pavo de campo bronceado y blanco



Fuente: imagen propiedad de (Agropedia, 2020)

5.9.11 Pavo blanco, de tamaño pequeño a mediano, tipo de Beltsville.

Al igual que los de la categoría anterior, estos pavos, por lo general, son de talla media y pequeños; parcialmente, se mantienen en libertad (sistemas caseros) o en sistemas intensivos de producción comercial.

Estas aves son de tamaño mediano, sobre todo si se les compara con otras razas, y poseen excelente conformación cárnica, amplia pechuga y rápida conversión. También, se emplean para la producción de pavo híbrido de doble pechuga. El macho, en estado adulto, pesa alrededor de 11 kg y la hembra llega a 7.5 kg.

En la formación de la variedad del pavo de Beltsville, intervinieron los Nagarrancets, mammoth bronceado común, los de doble pechuga, el blanco de Holanda y charvelois, entre otros.

Los pavos pequeños son engordados, principalmente hoy, por avicultores o granjeros que practican la comercialización directa o para atender la demanda de animales de pesos bajos, incluso, en grandes partidas (Kessel M, 1971).

Figura 11. Pavo blanco, de tamaño pequeño a mediano, tipo de Beltsville



Fuente: imagen propiedad de (*Pavo blanco pequeño de Beltsville | alimentación, características y más*, 2022)

5.10 Nutrición

Las dietas para el pollo de engorda están formuladas para suministrar la energía y los nutrientes esenciales para su salud y producción exitosa. Los nutrientes básicos requeridos son: agua, proteína cruda, energía, vitaminas y minerales. Estos componentes deben actuar en concierto, para asegurar un adecuado crecimiento óseo y la formación de músculos. La calidad de los ingredientes, la forma del alimento y la higiene, afectan directamente la contribución de estos nutrientes básicos. Si la materia prima y los procesos de molienda están afectados, o si no hay balance en el perfil nutritivo del alimento, se puede disminuir el desempeño. Como los pollos de engorde son levantados en un amplio rango de pesos finales, composiciones corporales y estrategias de producción, no es práctico presentar un solo juego de requerimientos nutricionales. Por lo tanto, cualquier expresión de requerimientos nutricionales debe ser vista solamente, como una guía base, sobre la cual se trabajará. Estas guías tienen que ser ajustadas cuando sea necesario, para adecuarlas a los escenarios específicos de cada productor (Chavez Heredia, 2016).

Para seleccionar las dietas óptimas, se deben tener en cuenta los siguientes factores claves.

- Disponibilidad y costo de la materia prima.
- Crecimiento separado por sexos.
- Pesos vivos requeridos por el mercado.
- El valor de la carne y el rendimiento de la carcasa.
- Niveles de grasa de acuerdo con las necesidades específicas del mercado tales como listo para hornear, cocinado y otros productos procesados.
- Color de la piel.
- Textura y sabor de la carne
- Capacidad de la planta de concentrados.

La forma física del alimento varia debido a que las dietas se pueden entregar en forma de harina, como pellet quebrado, pellet entero o extruido. El mezclado del alimento con granos enteros antes de alimentar a las aves también es una práctica común en algunas áreas del mundo. El procesado del alimento se prefiere debido a que entrega beneficios nutricionales y de manejo. Las dietas peletizadas o extruidas normalmente son más fáciles de manejar que las dietas molidas. Las dietas procesadas muestran ventajas nutricionales que se reflejan en la eficiencia del lote y en las tasas de crecimiento al compararlas con las de aves que consumen alimento en forma de harina (Chávez Heredia, 2016).

5.10.1 Proteína cruda

El requerimiento de proteína de los pollos de engorde refleja los requerimientos de amino ácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas. Las proteínas a su vez, son unidades estructurales dentro de los tejidos del ave (músculos, plumas, etc.).

5.10.2 Energía

La energía no es un nutriente, pero es una forma de describir los nutrientes que producen energía al ser metabolizados. La energía es necesaria para mantener las funciones metabólicas de las aves y el desarrollo del peso corporal. Tradicionalmente la energía metabolizable se ha usado en las dietas de aves para describir su contenido energético. La energía metabolizable describe la cantidad total de energía del alimento consumido menos la cantidad de energía excretada.

5.10.3 Micronutrientes

Las vitaminas son rutinariamente suplementadas en la mayoría de las dietas de aves y pueden clasificarse en solubles o insolubles en agua. Vitaminas solubles en agua incluyen las vitaminas de complejo B. Entre las vitaminas clasificadas como

liposolubles se encuentran: A, D, E y K. Las vitaminas liposolubles pueden almacenarse en el hígado y en otras partes del cuerpo. Los minerales son nutrientes inorgánicos y se clasifican como macrominerales o como elementos traza. Los macrominerales incluyen: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre y magnesio. Entre los elementos traza están el hierro, yodo, cobre, manganeso, zinc y selenio (Chavez Heredia, 2016).

Testeo del alimento. Un método de muestreo sistemático de alimento en la granja es una muy buena práctica. Una buena técnica de muestreo es importante si se quiere que los resultados de los análisis sean el reflejo del contenido de nutrientes reales del alimento. Una muestra debe ser representativa del alimento del cual fue tomada y esto no se puede conseguir simplemente tomando un puñado de alimento desde el contenedor. Para coleccionar una muestra representativa es necesario tomar sub muestras y combinarlas en una muestra colectiva. Se recomienda que cinco sub muestras se tomen de cada partida de alimento. Muestreo de las líneas de alimento no se recomienda ya que el tamizado de los ingredientes puede afectar la muestra y desviar los resultados. Las muestras deben guardarse en el refrigerador hasta que las aves sean procesadas. Cada muestra debe llevar una etiqueta con nombre, fecha, tipo de alimento y el número de partida. Si surgen problemas durante la producción y si se sospecha del alimento las muestras deberán analizarse. Los reportes de laboratorio deben compararse con las especificaciones nutricionales de las dietas respectivas (Chavez Heredia, 2016).

5.11. Alimentación en etapas

Los requerimientos de nutrientes en los pollos de engorde generalmente disminuyen con la edad. Desde un punto de vista clásico, dietas de inicio, crecimiento y término son incorporadas en los programas de crecimiento de las aves. De todas formas, los requerimientos de las aves no cambian abruptamente en días específicos, sino que cambian continuamente a través del tiempo. La mayoría de las compañías alimentan a sus aves con múltiples dietas intentando acercarse a los requerimientos

reales de las aves. El productor se acercará más a los requerimientos reales de las aves a mayor sea el número de dietas que formule para estas en un período determinado. El número de dietas se limita de un punto de vista económico y logístico, incluyendo la capacidad de la fábrica de alimento, costos de transporte y los recursos de la granja. Concentraciones dietarias de nutrientes se basan en los objetivos del productor. Al alimentar pollos de engorde hay tres objetivos principales y la mayoría de los productores utilizan una combinación de los tres.

Los requerimientos de nutrientes en los pollos de engorde generalmente disminuyen con la edad. Desde un punto de vista clásico, dietas de inicio, crecimiento y término son incorporadas en los programas de crecimiento de las aves. De todas formas, los requerimientos de las aves no cambian abruptamente en días específicos, sino que cambian continuamente a través del tiempo. La mayoría de las compañías alimentan a sus aves con múltiples dietas intentando acercarse a los requerimientos reales de las aves. El productor se acercará más a los requerimientos reales de las aves a mayor sea el número de dietas que formule para estas en un período determinado. El número de dietas se limita de un punto de vista económico y logístico, incluyendo la capacidad de la fábrica de alimento, costos de transporte y los recursos de la granja. Concentraciones dietarias de nutrientes se basan en los objetivos del productor. Al alimentar pollos de engorde hay tres objetivos principales y la mayoría de los productores utilizan una combinación de los tres.

5.11.1 Dieta tipo 1

Rica en nutrientes para maximizar ganancia de peso y conversión de alimento. Este método puede promover el desarrollo de un mayor depósito de grasa en la carcasa y se puede relacionar con desordenes metabólicos. Adicionalmente el costo de la dieta es más elevado.

5.11.2 Dieta tipo 2

El contenido de energía disminuye, pero se mantiene un óptimo nivel de proteína cruda y de balance aminoacídico. Este método puede resultar en menos depósitos grasos, pero maximiza la producción de tejidos magros. Peso vivo y conversión de alimento serán negativamente afectados pero el costo por masa magra será óptimo.

5.11.3 Dieta tipo 3

Bajo contenido de nutrientes. Este método resultará en menor ganancia de peso y mayor conversión de alimento, pero el costo en relación al peso vivo será ideal. Retiro de alimento: durante este período se debe poner especial atención al retiro de medicamentos y de vacunas para asegurar que la carcasa no contenga residuos al momento del procesamiento. Registros detallados y cuidadosos son esenciales para cumplir con este objetivo.

5.12 Alimentación en pavos

La cría rentable de cualquier especie es la meta de todo productor. Para lograr el anterior objetivo, es necesario analizar los diferentes factores que participan en este proceso. La alimentación es uno de esos factores, que representa el 70% de los costos totales de producción, por lo que se debe buscar la eficiencia en el empleo de los recursos.

Los alimentos concentrados se clasifican en dos grupos: energéticos y proteicos. Se utilizan como complemento de la dieta básica en la alimentación de animales para altos niveles de producción (Cordero Salas, 2014).

5.12.1 Energético

Se caracterizan por su riqueza en energía fácilmente digerible (60-80%), por su bajo o medio contenido proteico (6-12%) y por su bajo contenido de fibra cruda (2-6%).

Los granos de los cereales (maíz, sorgo, trigo, arroz, etc.) constituyen la mayor fuente de energía mayor.

Algunos subproductos agroindustriales como el afrecho de trigo, la semolina de arroz, la melaza y los residuos de destilería son también ricos en energía.

Estos alimentos, sin embargo, deben ser suministrados en proporciones que no alteren el proceso digestivo o limitadas a una cantidad.

5.12.2 Proteicos

Tienen un alto contenido de sustancias nitrogenadas que necesitan los animales directa o indirectamente, en forma de proteína verdadera o nitrógeno no proteico (aminas, amidas, amoníaco, entre otros).

En la alimentación de animales monogástricos (un solo estómago), donde se incluyen las aves, la calidad de la proteína (la composición en aminoácidos) y la proporción entre aminoácidos esenciales tienen gran importancia.

Los concentrados proteicos se caracterizan por un alto contenido de proteína (20-45 %), por una riqueza media de carbohidratos solubles (35-50%) y bajo nivel relativo de fibra cruda (5 -11%).

Las semillas de leguminosas como la soya constituyen la mayor fuente de alimento rico en proteína de origen vegetal. Otras fuentes proteínicas se encuentran en subproductos no proteicos y en las harinas de origen mineral, como residuos de la industria de la carne, del pescado y de la leche (Cordero Salas, 2014).

5.13 Sistema digestivo

El aparato digestivo es un conducto que conecta al medio ambiente con el metabolismo de un animal. La anatomía y el desarrollo del tubo digestivo determinan

en gran parte el tipo de alimento que es útil en la nutrición de una especie en particular. Los carnívoros tienen vías digestivas muy cortas, en tanto que el tubo alimentario de los herbívoros es relativamente largo (Cordero Salas, 2014).

5.13.1 Boca

Carece de labios y dientes, sustituidos por mandíbulas córneas, superior e inferior, que forman el pico. La lengua tiene la forma de cabeza barbada de una flecha con la punta dirigida al frente. Además, dentro de la boca se encuentran glándulas salivales para humedecer el alimento.

5.13.2 Esófago

Tubo por el cual es conducido el alimento de la boca hacia el buche. Buche: bolsa formada como área especializada del esófago. En el buche, la digestión es escasa y su principal función es como órgano de almacenamiento.

5.13.3 Estómago glandular

El estómago verdadero de las aves, también llamado proventrículo, es poco más que un ensanchamiento al final del esófago. La pared de este pro ventrículo secreta ácido clorhídrico y una enzima (pepsina), que ayudan en la digestión proteínica.

5.13.4 Molleja

Es un órgano con dos aberturas en su lado superior, una del pro ventrículo y otra hacia el duodeno. Se compone de dos pares de músculos potentes, rojos, gruesos, recubiertos por el lado interior con epitelio córneo grueso. Estos músculos son fuertes. Por ejemplo, la molleja de un pavo puede romper una nuez que requiere una presión mecánica de 75 kg para quebrarse. La función principal de la molleja es moler o romper las partículas alimenticias. En condiciones normales, este proceso se apoya por la presencia de arena o piedrecillas ingeridas por la boca. Es

probable que cuando las raciones del alimento se trituran previamente de manera uniforme, la molienda en la molleja tenga escasa importancia para una digestión adecuada. No obstante, la trituración de granos enteros es esencial antes de que puedan digerirse (Cordero Salas, 2014).

5.13. 5 Páncreas

Inmediatamente delante de su unión con la molleja, el intestino se pliega en un asa llamada duodeno, cuyos lados son paralelos y encierran al páncreas. El páncreas secreta jugo pancreático. Este jugo neutraliza la secreción ácida del pro ventrículo. La secreción pancreática contiene enzimas que hidrolizan proteínas, almidones y grasas. En ausencia de jugo pancreático, estas sustancias casi no se ingieren.

5.13.6 Hígado

Este órgano produce la bilis que es transportada al extremo inferior del duodeno por dos conductos biliares. La bilis es necesaria para la absorción apropiada de grasas, en el intestino delgado. El conducto biliar que procede del lóbulo hepático derecho se encuentra ensanchado para formar la vesícula biliar, donde la bilis se almacena y concentra. La presencia de alimento en el duodeno hace que la vesícula biliar se contraiga y vacíe su bilis en el intestino. El conducto del lóbulo izquierdo no tiene ensanchamiento, sino que llega de manera directa al intestino delgado, donde los dos conductos biliares entran juntos.

5.13.7 Intestino delgado

El intestino delgado se considera constituido por dos partes distintas, el duodeno y el intestino delgado inferior. Las enzimas presentes en el jugo pancreático actúan sobre almidones, lípidos y proteínas. Las enzimas producidas en la pared intestinal completan el proceso digestivo por degradación de pequeños fragmentos proteínicos (péptidos) en aminoácidos, y por desdoblamiento de disacáridos como

sacarosa y maltosa en azúcares simples que pueden ser absorbidos. La digestión y absorción de nutrientes ocurre de manera primaria en el intestino delgado. El recubrimiento del intestino y sus vellosidades aumentan el área de absorción de los alimentos, junto a la circulación sanguínea, permite digerir y absorber en menos de tres horas el alimento consumido (Cordero Salas, 2014).

5.13.8 Ciegos

En la unión del intestino delgado inferior con el recto hay dos bolsas terminales protuberantes a cada lado, llamadas ciegos. En general tienen más de 22 cm en los pavos y por lo común están llenos de materia fecal. Con las modernas raciones alimenticias muy digeribles, los ciegos tienen escasa función en la digestión. En aves adultas alimentadas con raciones ricas en fibras, puede haber cierta digestión de éstas en los ciegos por acción de los microorganismos. • Recto: el intestino grueso es corto y consiste en un recto corto que conduce a la cloaca. • Cloaca: La cloaca es una cámara común a las vías digestivas, urinarias y reproductoras, que se abre al exterior en el orificio anal. La orina se descarga a la cloaca y excreta con las heces. El material pastoso blanco de las deyecciones es en su mayor parte ácido úrico que se ha precipitado por la orina (Cordero Salas, 2014).

5.14 Aparato reproductor del macho

El macho aviar posee dos testículos, colocados a ambos lados de la columna vertebral e inmediatamente posteriores a los pulmones, anteriores a los riñones. Nunca descienden al escroto externo (cobertura testicular), como en el caso de otros animales de granja. Su forma es más o menos elipsoidal y su color amarillo claro; con frecuencia tienen un tinte rojizo causado por numerosas ramificaciones de vasos sanguíneos en su superficie (Alba 1994).

Por la posición interna de los testículos, y por encontrarse además rodeados de órganos con elevada actividad metabólica, la espermatogénesis (producción de

espermatozoides) en las aves funciona sin problemas, a temperaturas de 43°C. Estas son superiores a las que tolera la espermatogénesis en los mamíferos (menor a 38°C) (Alba 1994).

En el macho aviar no existe órgano comparable con el pene de los mamíferos, pero existe un órgano fálico capaz de erección en las terminales de los ductos deferentes, en la pared interna de la cloaca. La erección de esta estructura es obtenida por presión linfática y sanguínea. Se ha encontrado un cuerpo vascular con proliferación capilar anterior al ducto eyaculador. La estructura eréctil es muy simple, tubular y corta, pero llega a ser muy compleja y curvada, como en el pato (Alba 1994). Durante el examen visual de la cloaca se busca la presencia del órgano fálico o pene del macho, para determinar el sexo de la cría.

5.15 Aparato reproductor de la hembra y formación del huevo

El aparato reproductor se divide en dos grandes secciones:

Ovarios: por lo general se forman entre 5 y 6 yemas, y además contienen un gran número de folículos blancos pequeños que representan yemas de huevos inmaduras. La maduración de los folículos ováricos es estimulada por la hormona estimulante de los folículos (FSH) de la hipófisis anterior. Esta hormona desencadena el desarrollo del ovario y el crecimiento de los folículos. El ovario en desarrollo comienza a secretar hormonas. El estrógeno secretado favorece el desarrollo del oviducto y también causa un aumento en la sangre de calcio, proteínas, lípidos, vitaminas y otras sustancias necesarias para la formación del huevo. Los huesos púbicos se ensanchan y el orificio anal crece bajo la influencia del estrógeno. Además, el ovario produce otra hormona, progesterona, que actúa sobre los factores liberadores de hormonas en el hipotálamo para permitir la secreción de la hormona luteinizante (LH) de la hipófisis anterior. La LH conduce a la liberación de una yema madura, del ovario. La progesterona es necesaria también para el funcionamiento apropiado del oviducto. Conforme la yema se desplaza hacia

abajo en el oviducto, se segregan la partes restantes del huevo (Cordero Salas, 2014).

5.15.1 Oviducto

Es el sitio de secreción de la clara del huevo y de formación de la membrana y el cascarón. Este ocupa gran parte del lado izquierdo de la cavidad abdominal. Tiene circulación sanguínea abundante y paredes musculares que están en movimiento casi continuo durante el tiempo de formación del huevo (Cordero Salas, 2014).

5.15.2 El oviducto

Se divide en cinco regiones:

- a) Infundíbulo: región más próxima a los ovarios; es la encargada de recibir las yemas que se desprenden de los ovarios.
- b) Magno: sección donde se secreta la porción albuminoide más densa, también llamada clara.
- c) Istmo: sección que secreta la membrana del cascarón.
- d) Útero: glándula del cascarón
- e) Vagina: conducto a la cloaca.

5.16 Función de producción

Una función de producción es una lista, cuadro o expresión matemática que representa el máximo nivel de producción que puede obtener con cada combinación específica de factores dada la tecnología y el estado de arte existentes; por tanto, una función de producción es una relación técnica insumo-producto o input-output. La relación entre los factores del proceso de producción resultante puede describirse por medio de una función de producción. La función de producción presenta la relación que se establece entre la cantidad de insumos y factores intervinientes para producir un determinado bien, teniendo en cuenta la calidad de

este. Toda función de producción tiene su efectividad en el corto, debido a la existencia de, al menos, un insumo o factor fijo plazo. Para garantizar que la función de producción es la adecuada o la que responde a las demandas de la sociedad se requiere fijar objetivos claros y precisos, seleccionar los insumos y las estrategias que posibilitarán la concreción del proceso productivo que arrojará como resultado final o salida un producto calificado con determinadas destrezas, habilidades y conocimientos; es decir con competencias que lo habiliten para insertarse en el sector productivo con eficacia y eficiencia (Gonzales Román, 2021).

La relación entre insumos y productos, es decir, la tecnología de producción, expresada en términos numéricos o matemáticos se llama función de producción (o función del producto total). Una función de producción muestra las unidades de producto total como una función de unidades de insumos (Case, 2015).

La actividad de toda empresa es convertir los factores productivos en bienes. Dado a que los economistas les interesan las elecciones que hace la empresa para lograr el objetivo, pero que también quieren evitar el análisis de las muchas complejidades implícitas en el proceso de ingeniería, han optado por construir un modelo abstracto de la producción.

5.17 Rendimiento creciente

Cuando un trabajador adicional es contratado se espera que incremente la producción, y cuando ésta crece más que proporcionalmente se le denominan rendimientos crecientes. Por ejemplo, si un único trabajador produce 10 productos en un tiempo determinado y al contratar a un trabajador adicional la producción crece a 30 artículos; es decir, el producto total crece más del doble. Al mismo tiempo, el producto marginal se encuentra por encima del producto medio indicando al empresario que se puede seguir contratando personal dado que la producción se incrementa más que proporcionalmente (Gonzales Roman, 2021).

5.17.1 Rendimiento decreciente

Señala que se obtendrá menos producción adicional cuando se incrementan dosis adicionales de un insumo, mientras los demás insumos se mantengan constantes. Así mientras un trabajador logra producir 10 artículos en un periodo de tiempo dado, al contratar a un segundo trabajador éste produce únicamente 9 artículos; y un tercero produce sólo 7 (Gonzales Roman, 2021).

5.17.2 Rendimientos negativos

Se obtienen cuando al contratar trabajadores adicionales (como insumo variable) la producción decrece, esa situación será el principal indicador de que ya no es conveniente contratar más personal o ya no incrementar el uso del insumo variable; por el contrario, habrá que despedir a los que no sean eficientes (Gonzales Roman, 2021).

5.18 Óptimo técnico

Es donde la función de producción tiene la relación que ilustra las posibilidades de producción de una cierta tecnología a partir del empleo de niveles sucesivos de insumos y encuentra su máximo, en términos de volumen de producción física (Rebollar Puebla, 2021).

El óptimo técnico (NOT) es aquel donde la función de producción encuentra su punto máximo en términos de la producción física por volumen. El (NOT) se ubica, siempre, arriba del óptimo económico y representa el nivel de producción donde no intervienen los precios de los insumos. Una vez determinada la función de producción, es posible indicar que al inicio la producción aumentará a una mayor velocidad de transformación del insumo variable en el producto total (Gonzales Roman, 2021).

5.19 Óptimo económico

Hace referencia al nivel de producción donde se maximizan los beneficios (ingresos totales–costos totales). Depende del precio del o los productos que genera la empresa y de su estructura de costos (Rebollar Puebla, 2021).

El nivel óptimo económico (NOE) corresponde al nivel de producción donde se maximizan los beneficios (ingresos totales), en relación con los precios de los productos y de la estructura de costos se produce donde el PMg del insumo variable se iguala a su costo marginal (CMg), definido como el aumento en el costo total (CT) necesario para producir una cantidad adicional de producto dado que los rendimientos son decrecientes; o bien, cuando el valor de la derivada, en ese punto, sea igual a la relación de precios del mismo y del producto (Gonzales Román, 2021).

5.20 Valor equivalente

Un valor equivalente es aquel que tiene el mismo valor numérico o significado que otro valor, pero puede estar representado de manera diferente. Esto significa que dos valores son considerados equivalentes si al compararlos, encontramos que representan la misma cantidad o concepto.

Por ejemplo, en matemáticas, $1/2$ y 0.5 son valores equivalentes, ya que ambos representan la mitad de una unidad.

Los valores equivalentes son fundamentales en matemáticas, ya que permiten simplificar y comparar expresiones y ecuaciones de manera más fácil y precisa. Al reconocer que dos valores son equivalentes, podemos trabajar con ellos de manera intercambiable, lo que facilita la resolución de problemas y la comprensión de conceptos matemáticos.

Para determinar si dos valores son equivalentes, debemos comparar sus valores numéricos o significados. A continuación, se presentan diferentes métodos para verificar la equivalencia entre dos valores:

- Comparación numérica: si los valores numéricos de dos expresiones son iguales, entonces son equivalentes. Por ejemplo, $\frac{4}{8}$ y 0.5 tienen el mismo valor numérico de 0.5, por lo que son valores equivalentes.
- Comparación algebraica: si dos expresiones algebraicas son equivalentes, entonces representan la misma cantidad o concepto. Por ejemplo, $x + 2$ y $2 + x$ son expresiones algebraicas equivalentes, ya que ambas representan la suma de x y 2.
- Comparación de propiedades: al aplicar propiedades matemáticas, como las propiedades de la igualdad o las propiedades de las operaciones, podemos demostrar que dos valores son equivalentes. Por ejemplo, utilizando la propiedad conmutativa de la suma, podemos demostrar que $3 + 4$ y $4 + 3$ son valores equivalentes (*Qué Es Un Valor Equivalente En Matemáticas*, 2023).

VI. MATERIALES Y METODOS.

6.1 Sitio experimental

El experimento se realizó en el área de aves de engorda de la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Ubicada en el municipio de Temascaltepec de González, Barrio de Santiago en el kilómetro 67.5, carretera Toluca-Tejupilco.

Macro localización del lugar experimental

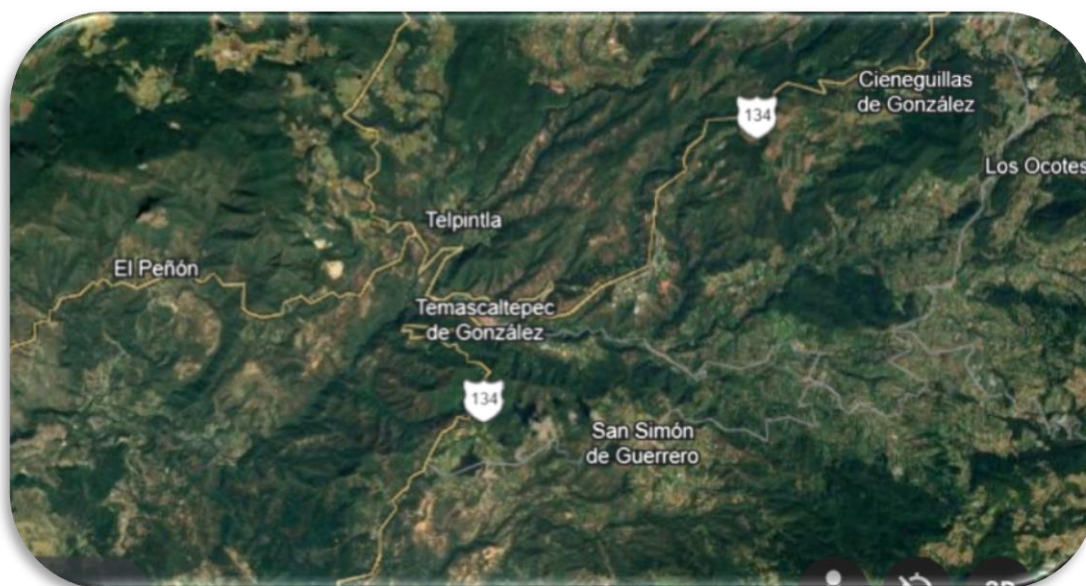


Figura 12. Macro localización del lugar experimental

Se localiza en la porción suroeste del estado de México, entre los paralelos 18°49'58.9" y 19°08' 37.0" latitud norte y entre los meridianos 99°51'17.9" y 100°36.0' 46.2" longitud oeste. Tiene una superficie aproximada de 1,410 km². El clima de la región donde se localiza el acuífero Temascaltepec es del tipo Acw Semicálido subhúmedo con lluvias en verano y del tipo A (w) Cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual promedio es de 20.3° C, la precipitación media anual es de 1,158 mm y la temperatura mínima es de 10.20 °C y la máxima de 27.0 °C.

Micro localización del lugar experimental



Figura 13. Micro localización del lugar experimental

Área avícola de la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec



Figura 14. Sitio experimental. Imagen propiedad del autor.

6.2 Preparación de la instalación

Se utilizó la nave del área de aves de engorda de la posta zootécnica, la cual mide 9 metros (m) de largo, 6 m de ancho y 3.5 m de alto.

Dentro de la nave se instalaron lotes armados con varillas con medidas de 3/8, de pulgada. 50 centímetros (cm) de largo, 100 cm de ancho y 70 cm de alto, y las partes laterales se cubrieron con malla hexagonal, para evitar el paso de los pavos de un lote a otro y proporcionar ventilación, se lavó la instalación con agua y jabón.

Corrales de varilla y cubiertas de malla hexagonal.



Figura 15. Corrales de varilla y cubiertas de malla hexagonal. Imagen propiedad del autor.

Se desinfectó 48 horas (h) antes de la llegada de los pavos el interior y el exterior de la nave con creolina (13.33 ml/l), mediante aspersion. Lavado y desinfección de la nave de aves de engorda

En cada lote se instalaron focos de luz fluorescente de 40 watts, comederos lineales de 30 cm con capacidad de 1.2 kg y un bebedero tipo cubeta con capacidad de 2 litros.

Se colocaron cortinas de plástico para regular la ventilación, que fueron fijadas en las partes bajas y regulables en la parte alta.

Lote con instalación de focos, comederos y bebederos



Figura 16. Lote con instalación de focos, comederos y bebederos. Imagen propiedad del autor.

6.3 Cortinas

Las cortinas se mantuvieron cerradas los primeros 4 días posteriormente se bajaban de manera gradual 25 cm por día, a partir del día siete del experimento se bajaron por completo a las 8:00 am y se subieron a las 8:00 pm.



Figura 17. Cortinas. Imagen propiedad del autor.

6.4 Recepción de los pavos

Antes de la llegada de los pavos se colocó en la entrada de la nave un tapete sanitario con una relación de 2 litros de agua con 5 ml de creolina. A la llegada de los pavos se hidrataron y vitaminaron vía oral con RuViOtic (0.6 g/l), posteriormente se utilizó una báscula compacta portátil para pesar de forma individual los pavos, que fueron distribuidos de manera aleatoria en los lotes.



Figura 18. Registro del peso inicial de los pavos. Imagen propiedad del autor.

6.5 Material Biológico

Se utilizaron 42 pavos Diamante doble pechuga de 3 semanas de nacidos con un peso promedio de 1.077 ± 0.132 kg, los cuales se ubicaron en los 42 lotes un pavo por lote.

6.6 Alimentación

Se utilizó alimento comercial para cada una de las etapas.

Cuadro 1. Aporte nutrimental del alimento comercial empleado en la engorda de pavos

Etapas	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Humedad	E.L.N
	cruda	cruda	cruda	Máximo	Máximo	Por
	Mínimo	Mínimo	Mínimo	%	%	diferencia
	%	%	%			%
Inicio	27.00	3.50	4.50	7.50	12.00	45.50
Crecimiento	23.00	4.50	5.00	7.00	12.00	48.50
Finalización	20.00	4.50	5.00	6.00	12.00	52.50

Fuente: (Productores Agropecuarios Tepexpan, S.A. de C.V, 2022)

Durante la recepción de los pavos no se ofreció alimento hasta después de dos horas, primero se calculó la cantidad de alimento que debería consumir el pavo más pesado y se agregó un 10% del peso vivo (PV), se pesó la cantidad de alimento calculada para asegurar que los pavos comieran *ad libitum*.

Los pavos comieron alimento iniciador con un 27% de PC, del día de recepción (3 semanas de nacidos) hasta el día 23, se realizó la transición en 3 días con las siguientes proporciones 75%– 25%, 50% – 50%, 25% – 75%, del día 27 al 55 consumieron alimento de crecimiento con 23% PC, del día 55 inició la segunda

transición en las siguientes proporciones 75%– 25%, 50% – 50%, 25% – 75%, a partir del día 55 los pavos consumieron alimento de finalización con 17% de PC hasta el día 84.

Este alimento se ofreció en dos frecuencias, a las 9:00 am y 6:00 pm, se recogió el rechazo de alimento en bolsas de plásticos identificadas con el número de lote, con los comederos limpios se suministraba la segunda frecuencia, posteriormente se pesaban las bolsas del alimento rechazado y se registraba en la bitácora.

6.7 Alimentación de pavos



Figura 19. Alimentación de los pavos. Imagen propiedad del autor.

Rechazos de alimento



6.8 Suministro de agua

Al momento de la llegada de los pavos se preparó agua con Ru Vi Otic (0.6 g/l) en un bote de 20 litros, para hidratarlos durante ese día.



A partir del segundo día y hasta el día 84 que fue el término del experimento se les proporcionó agua limpia.

6.9 Variables de respuesta

6.9.1 Peso vivo inicial (PVI)

Se pesaron los pavos individualmente en una báscula con capacidad de 40 kg al momento de la recepción.

6.9.2 Peso vivo Semanal (PVS)

Se pesaron los pavos al momento de entrar al experimento para registrar su peso, cada pavo se identificó, después se pesaron los pavos cada 8 días en la báscula ya mencionada para lograr llevar un mejor control de pesos hasta llegar al día 84 y registrar su peso final.

6.10 Consumo semanal de alimento

Se realizó el registro de alimento ofrecido en las dos frecuencias de cada pavo, a las 6:00 pm se recogió el alimento rechazado de cada comedero, el cual se pesó y se registró en la bitácora de rechazos de alimento.

El consumo diario de alimento se estimó mediante la siguiente formula.

$$C.D.A = ATO - AR$$

Donde

C.D.A: consumo diario de alimento.

A.T.O: alimento total ofrecido por día.

A.R: alimento rechazado por día.

Para obtener el consumo semanal se sumó los 7 datos de consumo diario de alimento de cada pavo.

Ganancia de peso semanal (GPS)

Esta variable se evaluó de acuerdo con la ganancia de peso de los pavos al término de cada semana, a través de la siguiente formula:

$$GDPS = GDPS2 - GPS1$$

Donde

GDPS: Ganancia de peso semanal.

GDPS2: Ganancia de peso semana 2.

GPS1: Ganancia de peso semana 1.

Es importante mencionar que la información generada en este trabajo no provino de una muestra estadística, tampoco fue una serie longitudinal si no 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 acabo tal investigación.

6.11 Análisis de los resultados

Se obtuvo la información sobre el peso de entrada y salida de los pavos, así como el consumo de alimento y las ganancias de peso de cada etapa (inicio, crecimiento y finalización) durante los meses del experimento.

Se generaron bases de datos con los consumos de alimento y ganancias de peso semanal acumuladas que fueron analizadas para generar el modelo de regresión y con el modelo se calcularon los pesos de los pavos y la información del producto total (Q), producto medio (Pme) y producto marginal (Pmg).

Dicha información se correlaciono a través del modelo de regresión estimado por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (Gujarati, 2010).

El modelo fue el siguiente:

$$Q = a + B_0X + \beta_1X^2 + l$$

Donde:

Q = variable dependiente: peso del pollo.

X = variable independiente: unidades de alimento utilizado.

a = coeficiente de regresión del intercepto

β_i = coeficientes de regresión de las pendientes Para $i = 0, 1$;

El análisis de datos se realizó con una hoja de cálculo (Excel del office 365) y el SAS (System For Windows 9.0) con el procedimiento Reg.

VII RESULTADOS.

7.1 Función de producción.

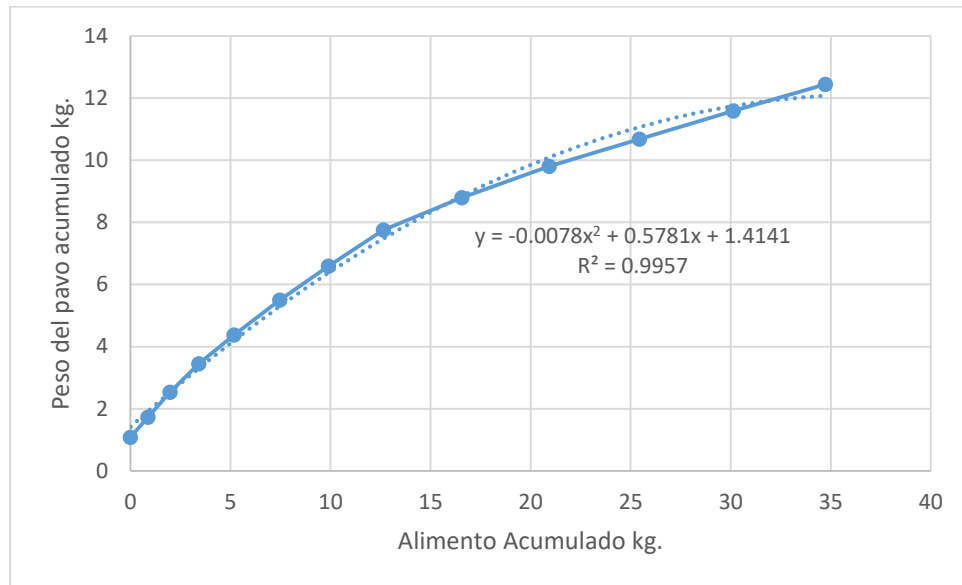
Los datos que se utilizaron para obtener la curva de la función de producción fueron consumo de alimento acumulado kg. y peso acumulado del pavo kg, durante las 12 semanas que duró la etapa de engorda, el peso promedio inicial de los 42 pavos fue de 1.078 kg. A demás se observan las cantidades de insumo variable utilizado en las diferentes semanas de producción de pavo y las ganancias de pesos correspondientes a esas semanas.

Cuadro 2. Cantidad de producto utilizado y de producto obtenido

Semana	Consumo de alimento kg.	Ganancia de peso kg.	Consumo de alimento acumulada kg.	Ganancia de peso acumulada kg.
0	0.000	1.078	0.000	1.078
1	0.871	0.653	0.871	1.730
2	1.104	0.797	1.975	2.528
3	1.450	0.918	3.425	3.446
4	1.755	0.926	5.180	4.372
5	2.278	1.125	7.458	5.497
6	2.432	1.096	9.890	6.593
7	2.752	1.159	12.642	7.751
8	3.924	1.050	16.566	8.801
9	4.363	1.001	20.929	9.802
10	4.513	0.880	25.442	10.682
11	4.680	0.907	30.122	11.589
12	4.620	0.856	34.742	12.445

Fuente: Elaboración propia

Grafica 1. Insumo acumulado variable independiente (alimento) kg y variable dependiente peso acumulado del pavo kg.



Fuente: Elaboración propia

El método utilizado para obtener la ecuación de regresión polinómica de segundo orden, fue elegido al ajustarse de mejor forma al comportamiento de los datos. El análisis de los datos se realizó con una hoja de cálculo Excel del office y con el procedimiento REG estimado por el método de mínimos cuadrados ordinarios del software estadístico SAS.

La función de producción estimada fue:

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

Una vez obtenida la ecuación se puede aplicar para conocer el peso del pavo a partir de la cantidad de insumo variable que consume (alimento).

Ejemplo: ¿cuánto pesarán los pavos si su peso de entrada es de 1.4141 kg y consumen 25 kg de alimento?

Con base en la ecuación:

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(25) - 0.0078(25)^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(25) - 0.0078(25)^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(25) - 0.0078(625)$$

$$Q = 1.4141 + 14.4525 - 4.875$$

$$Q = 10.991 \text{ kg.}$$

Con la ecuación estimada en el Cuadro 3 donde se obtuvo el peso de los pavos en diferentes cantidades de insumo variable consumido (alimento) producto medio y producto físico marginal, esta información se utilizó para obtener la curva de función de producción, además se observa que conforme los pavos aumentan su peso, las necesidades de insumo variable (alimento) se incrementan para obtener 1 kg. de peso, llegando al punto de inflexión de la curva con 38 kg de alimento consumido y con 12.108 kg de peso del pavo, el producto físico marginal adquiere valores negativos

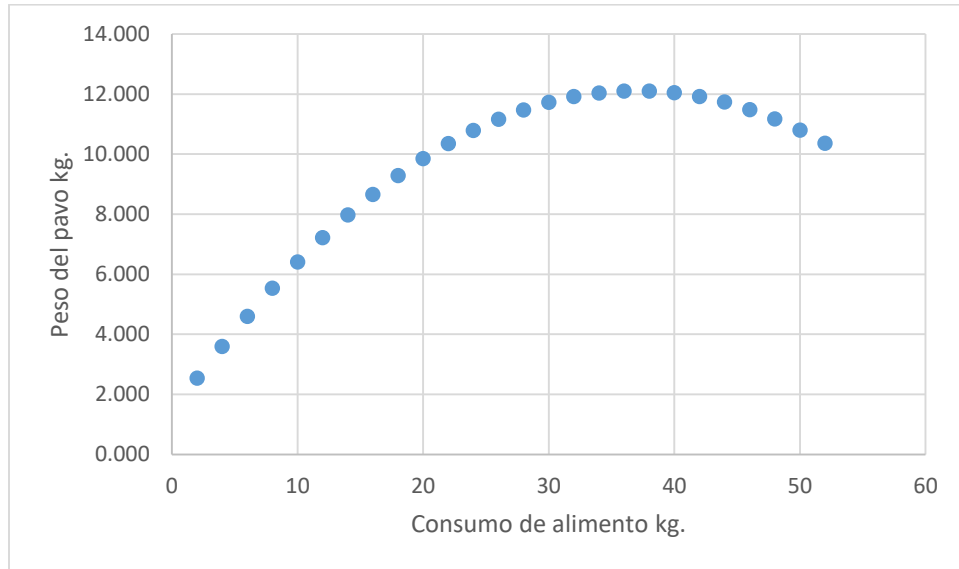
Cuadro 3. Cuadro de producto medio (Pme) y producto físico marginal (Pfm).

Alimento X	Peso del Pavo Q	Pme	Pfm
1	1.984	1.984	0.570
2	2.539	1.270	0.555
3	3.078	1.026	0.539
4	3.602	0.900	0.523
5	4.109	0.822	0.508
6	4.602	0.767	0.492
7	5.078	0.725	0.477
8	5.539	0.692	0.461
9	5.984	0.665	0.445
10	6.414	0.641	0.430
11	6.828	0.621	0.414

12	7.227	0.602	0.399
13	7.610	0.585	0.383
14	7.977	0.570	0.367
15	8.329	0.555	0.352
16	8.665	0.542	0.336
17	8.985	0.529	0.320
18	9.290	0.516	0.305
19	9.579	0.504	0.289
20	9.853	0.493	0.274
21	10.111	0.481	0.258
22	10.353	0.471	0.242
23	10.580	0.460	0.227
24	10.791	0.450	0.211
25	10.987	0.439	0.196
26	11.167	0.429	0.180
27	11.331	0.420	0.164
28	11.480	0.410	0.149
29	11.613	0.400	0.133
30	11.730	0.391	0.117
31	11.832	0.382	0.102
32	11.919	0.372	0.086
33	11.989	0.363	0.071
34	12.044	0.354	0.055
35	12.084	0.345	0.039
36	12.108	0.336	0.024
37	12.116	0.327	0.008
38	12.108	0.319	-0.007
39	12.085	0.310	-0.023
40	12.047	0.301	-0.039

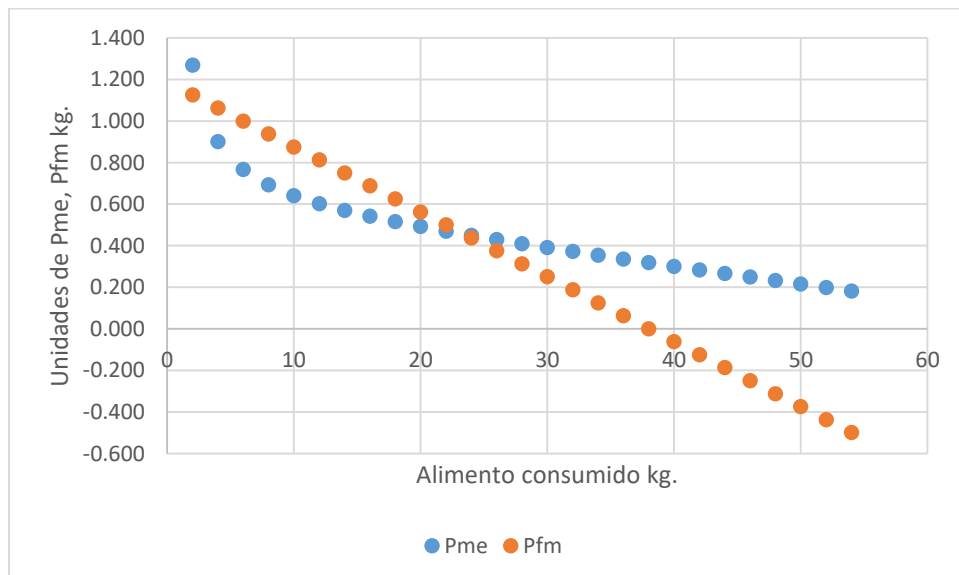
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Producto total peso del pavo kg., Cantidad de insumo variable consumido (Alimento).



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3: Producto medio (Pme) y producto físico marginal (Pfm).



Fuente: Elaboración propia

La ecuación del modelo fue

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

Los indicadores estadísticos de la ecuación son: el valor de F que indicó la significancia estadística del modelo fue 1168.647 el coeficiente de determinación del modelo es de .9957 o 99.57%, los valores de tc que representan la significancia estadística de los coeficientes de la ecuación fueron para el intercepto 9.293, para el coeficiente lineal en X fue de 23.019 y para el coeficiente cuadrático en X fue de -10.577 valores que reflejan significancia estadística en los coeficientes de la ecuación, los errores estándar individuales fueron para el intercepto 0.1521, para el coeficiente lineal en X fue de 0.0251 y para el coeficiente cuadrático en X fue de 0.0007, la probabilidad individual de los coeficientes es de 0.0000 para el intercepto, para el coeficiente lineal en X fue de 0.0000 y para el coeficiente cuadrático en X fue de 0.0000 con lo que se confirma una alta significancia estadística. (ANDEVA $P < 0.05$).

Cuadro 4. Estadísticas de la regresión de la función de producción de pavos

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.9979
Coeficiente de determinación R^2	0.9957
R^2 ajustado	0.9949
Error típico	0.2762
Observaciones	13

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Análisis de varianza (Excel)

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>FC</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	178.282	89.141	1168.647	0.00000000000014
Residuos	10	0.763	0.076		
Total	12	179.045			

Fuente: Elaboración propia

En el presente modelo al referirse al intercepto cuyo valor fue 1.4141 se puede expresar que este valor no tiene un significado económico, que es parte del peso del pavo que el modelo no explica, pero si tiene una explicación biológica y esta es que representa el peso promedio de los pavos al entrar al proceso de engorda con aproximadamente 3 semanas de vida, que es el inicio del experimento y en este punto se inicia a medir el consumo de alimento (Insumo variable) en el presente modelo.

El coeficiente de la variable independiente X indica la relación marginal entre la variable y el peso del pavo, también es conocida como la pendiente o regresión para este ejemplo la explicación es que por cada kg de alimento que consume el pavo su peso en promedio se incrementa 0.5781 kg que es equivalente a 578.1 g. entonces si un pavo consume 6 kg. de alimento su incremento en el peso de acuerdo con este coeficiente es de $0.5781 \times 6 = 3.4686$ kg. Esto ocurre si se mantienen constantes los efectos de las otras variables.

En el cuadro 3 se presentan los cálculos de Q, Pme y Pfm, por unidad de insumo variable, en este cuadro Q indica el peso del pavo según las unidades de insumo variable (alimento) que haya consumido.

Para el Pme, definido como el cociente del producto final o total y su nivel de insumo variable, se observa en la gráfica que este se incrementa y alcanza su nivel máximo

en 1 kg de alimento consumido, y posterior a este punto inicia a declinar de forma gradual. Por su parte el Pfm, que es el cambio en el producto total por cada unidad de insumo variable (alimento) añadida, su comportamiento fue similar al Pme y su nivel máximo se obtuvo cuando el pavo consume 1 kg de insumo variable.

Como se observa en la gráfica 2 el comportamiento del peso del pavo y el consumo del insumo variable (alimento) se pueden identificar las 3 etapas de la función de producción, la etapa 1 se caracteriza por un rendimiento creciente, inicia con el consumo de alimento al inicio del experimento y termina cuando el pavo ha consumido 1 kg de insumo variable, es el punto cuando el pavo pesó 1.984 kg. y el Pfm fue de 0.570 kg datos para las semanas uno de la engorda, esta etapa se caracteriza por una mayor velocidad de transformación del insumo variable en producto total.

La etapa II de la curva inicia con un rendimiento decreciente, esto sucede a partir de que el pavo consume 1 kg y hasta los 37 kg de consumo de insumo variable, esta etapa termina cuando el producto físico marginal es igual a 0 lo que significa que al incrementar el consumo de alimento el pavo se mantiene en su peso y en este caso se da cuando el pavo pesa 12.12 kg y ha consumido 37.05 kg de insumo variable, en el punto donde termina esta etapa es donde existe mayor eficiencia del insumo variable.

La etapa III de la curva inicia con un rendimiento negativo (no, el inicio es cuando el PT es máximo y comienzan los rendimientos marginales decrecientes) y esto sucede cuando el consumo del insumo variable (alimento) supera los 37.058 kg se observa que el peso del pavo inicia a disminuir, lo que permite que el valor del Pfm sea negativo.

Como se observa que con cuadro # que cuando el pavo incrementa su consumo de alimento de 37 a 38 kg el peso del pavo baja de 12.116 kg, a 12.108 kg lo que permite observar que el Pfm es negativo 0.007 kg

El producto medio o peso promedio del pavo alcanza el valor más alto cuando el pavo consume 1 kg de insumo variable y a partir de este momento va descendiendo y en consecuencia la curva del Pem comienza a declinar.

El punto donde se cruza la línea del Pfm con el Pem el eje X se da en 37 kg. de alimento y en este punto el pavo deberá pesar 12.11 kg.

De acuerdo a los conceptos de la teoría microeconómica de la producción, como parte de la Economía Agropecuaria, la máxima utilidad para el productor de avícola se encuentra dentro de la etapa II de la función de producción lo que significa que los pavos no se deben vender por encima de los 12.11 kg.

Pero si el costo del alimento (insumo variable) disminuye el óptimo económico aumenta y se desplaza hacia la derecha acercándose al óptimo técnico, por lo que en ese caso se recomendaría vender los pavos a mayor peso, y caso contrario si el costo del alimento aumenta, en ese caso el óptimo económico disminuye, desplazándose a la izquierda de la gráfica y en consecuencia se recomendaría vender los pavos a menor peso lo que te permitiría ganar más.

Para conocer el óptimo técnico (máxima ganancia de peso) y el óptimo económico (máxima utilidad), se utilizaron derivadas matemáticas.

7.2 Niveles de optimización

7.2.1 Óptimo técnico

El óptimo técnico se produce en el nivel de utilización del insumo variable (alimento) que aporta el volumen mayor de producción por unidad, una vez que se ha determinado la función y al ser graficada, se puede observar que la producción en un inicio tiene un crecimiento rápido y a medida que aumenta el consumo del insumo

variable (alimento), se llegará un punto en el que el peso de los pavos decrecerá a niveles no satisfactorios, en este punto de la gráfica se obtendrá el máximo peso también conocido como óptimo técnico, matemáticamente se obtiene con la primera derivada de la función igualándose a cero.

Derivar e igualar a cero

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

$$0.5781 - 0.0156x = 0$$

$$-0.0156x = -0.5781$$

$$x = \frac{-0.5781}{-0.0156}$$

$$x = 37.05 \text{ Kg. de alimento (Insumo Variable)}$$

Sustituir X en el modelo

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(37.05) - 0.0078(37.05)^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(37.05) - 0.0078 (1372.70)$$

$$Q = 1.4141 + 21.41 - 10.70$$

$$Q = 12.12 \text{ kg. de peso del pavo}$$

De acuerdo a la información del modelo el óptimo técnico se encontro cuando el pavo ha consumió 37.05 kg de insumo variable alimento y pesó 12.12 kg.

7.2.2 Óptimo económico

Para el óptimo económico se debe considerar la hipótesis de que la máxima producción no implica la máxima ganancia en dinero por lo que debe producirse hasta donde el producto físico marginal (Pfm) del insumo variable se iguale a su costo marginal (Cmg) (esta condición matemática no se describió en materiales y

métodos); dado que los rendimientos son decrecientes pero positivos, o bien cuando el valor de la derivada en ese punto sea igual a la relación de precios entre el precio del insumo y el precio del producto, conocida como valor del producto marginal, costo del kilogramo de insumo variable entre el costo de pavo en pie.

El costo del insumo variable, en este caso el alimento se obtuvo considerando las 3 etapas de alimentación del pavo.

Cuadro 6. Precio ponderado del alimento

Etapas	Consumo	Costo kg	Costo Total Kg
Inicio	5	12.5	62.5
Crecimiento	8	12	96
Finalización	22	11.375	250.25
	35		408.75

Precios comerciales diciembre 2023.

$$\text{Precio alimento} = \frac{408.75}{35}$$

$$\text{Precio alimento} = 11.68$$

Derivar e igualar al cociente entre el precio del insumo y el precio de kg en pie de pavo.

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

$$0.5781 - 0.0156x = \frac{11.68}{73}$$

$$0.5781 - 0.0156x = 0.1600$$

$$-0.0156x = 0.1600 - 0.5781$$

$$-0.0156x = -0.4181$$

$$x = \frac{-0.4181}{-0.0156}$$

$x = 26.80 \text{ Kg}$. Correspondientes al nivel óptimo económico.

Sustituir X en el modelo

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(26.80) - 0.0078(26.80)^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781(26.80) - 0.0078 (718.24)$$

$$Q = 1.4141 + 15.4930 - 5.6022$$

$$Q = 11.30 \text{ kg. de peso del pavo}$$

De acuerdo a la información del modelo, el óptimo económico se encontro cuando el pavo consumió 26.80 kg de alimento (insumo variable) y pesó 11.30 kg lo que significa que vender los animales en este peso permite obtener la mayor ganancia económica.

7.3 Precios equivalentes

El avicultor conoce el peso del pavo al que se debe de vender para generar la mayor utilidad económica óptimo económico ($x=26.80$ kg de alimento, $y=11.30$ kg de peso del pavo y Precio=73 pesos) sin embargo, los mercados son diferentes y se atienden diferentes gustos en los demandantes, por esta razón se puede calcular un precio equivalente a diferentes pesos del pavo para el que el productor no modifique su utilidad, de esta manera si una persona desea adquirir un pavo de 12.11 kg. de peso en pie debe pagar a 77.00 pesos el kilo, si existe una persona que desee adquirir un pavo de 9.29 kg de peso debe pagar el kilo a 77.73 pesos por kg.

El equivalente en peso en pie por kilogramo (\$/kg) se obtiene dividiendo el ingreso equivalente entre el peso de los pavos.

Cuadro 7. Precios equivalentes de kg. de pavo en pie

Insumo kg	Peso kg	Precio Equivalente \$
3	3.08	177.68
6	4.60	126.47
9	5.98	103.10
12	7.23	90.22
15	8.33	82.49
18	9.29	77.73
21	10.11	74.88
24	10.79	73.41
27	11.33	73.00
30	11.73	73.50
33	11.99	74.84
36	12.11	77.00
39	12.09	80.04

Fuente: Elaboración propia

VIII. CONCLUSIONES

La realización de esta investigación proporcionó evidencia que demuestra que el nivel óptimo técnico (NOT) o el máximo peso de los pavos se logró con una cantidad de alimento mayor a la que se requirió para alcanzar el nivel óptimo económico (NOE) o mayor beneficio económico por lo que la producción máxima o el peso mayor pavo, no permite obtener la máxima ganancia económica para el productor; por lo que se recomienda a los productores de pavo, con condiciones de producción similares a las de la presente investigación, tomen decisiones oportunas que les permitan mejorar sus beneficios económicos.

IX. REFERENCIAS

Agropedia, E. (2020, septiembre 7). *Pavos: Conoce sus beneficios, desventajas y cómo se cría*. Agrotendencia.tv. <https://agrotendencia.tv/agropedia/avicultura/cria-de-pavos/>

Ariza Fajardo, D. Y. (2014). *Crianza y comercialización de pavo con responsabilidad social* [Tesis, Universidad E.A.N.]. Pdf. <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/7069/ArizaDiana2014.pdf?sequence=1>

Cantaro Sanchez, H. (2010). *Cria y engorde de pavos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; Pdf. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cria_y_engorde_de_pavos.pdf

CEDRSSA. (2019, julio). *La importancia de la industria avícola en México*. 14. Pdf.

Chávez Heredia, L. A. (2016). *“Efecto de extracto de allium sativum y allium cepa (ajo y cebolla) en la producción de broilers”* [Tesis, Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias pecuarias]. Pdf. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5353/1/17T1386.pdf>

Cordero Salas, R. O. (2014). *Pavos*. Pdf. https://multimedia.uned.ac.cr/pem/manejo_animales_granja/documentos/modulo_pavo.pdf

criadeaves. (2018, noviembre 30). ▷ *Pavos de Raza Negra—Descripción, Alimentación y más*. Cría de Aves. <https://criadeaves.com/pavos-domesticos/pavos-de-raza-negra/>

FIRA. (2016). *Avicultor carne*. Pdf. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200631/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2016.pdf

Gonzales Román, R. L. (2021). *Función de producción en gallina de postura Lohmann Brown en sistema intensivo* [Tesis, Universidad autónoma del estado de México]. Pdf.

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111900/TESIS%20LEONEL%20GONZALEZ%20REPOSITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González Sánchez, D. (2021). *Parámetros productivos de pollos de engorda Cobb 500 con inclusión de extracto de ajo en la dieta en sistema intensivo* [Tesis, Universidad autónoma del estado de México]. Pdf. <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111485/TESIS%20Daniel%20Gonz%C3%A1lez%20S%C3%A1nchez%20repositorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kessel M. (1971). *Producción comercial de pavos broilers*. https://www.editorialacribia.com/libro/produccion-comercial-de-pavos-broilers_54252/

Meléndez López, F. A. (2014). *Comparación de las ganancias de pesos en pavipollos alimentados con una dieta comercial y dos dietas suplementadas con un 4 y 6% de lombriz roja de California (Eisenia foetida)* [Tesis, Universidad autónoma del Estado de México]. Pdf. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/30003/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pavo Blanco de Beltsville—Origen, Características y Alimentación. (s. f.). Recuperado 2 de abril de 2024, de <https://criadeaves.com/pavos-domesticos/pavo-blanco-de-beltsville/>

Pavo Blanco de Holanda—Aves de Corral. (s. f.). Recuperado 1 de abril de 2024, de <https://avesdecorral.net/pavo-blanco-de-holanda/>

Pavo blanco de pecho ancho | Gallinas ponedoras. (2023, febrero 17). <https://www.gallinaponedora.com/pavo-blanco-de-pecho-ancho/>

Pavo blanco pequeño de Beltsville | alimentación, características y más. (2022, septiembre 16). <https://www.gallinaponedora.com/pavo-blanco-pequeno-de-beltsville/>

Pavo Borbón Rojo | Características, crianza, alimentación y más. (2022, septiembre 30). <https://www.gallinaponedora.com/pavo-borbon-rojo/>

Pavo Bronceado—Aves de Corral. (s. f.). Recuperado 2 de abril de 2024, de <https://avesdecorral.net/pavo-bronceado/>

Pavo Narragansett | Características, crianza, alimentación y más. (s. f.). Recuperado 2 de abril de 2024, de <https://www.gallinaponedora.com/pavo-narragansett/>

Pérez, J. C. P. (s. f.). “EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE CRIANZA PARA MEJORAR LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS EN PAVOS BLANCOS (*Meleagris Pavipollo*)” *Portada*.

Qué Es Un Valor Equivalente En Matemáticas. (2023, diciembre 12). <https://www.microscopio.pro/que-es-un-valor-equivalente/>

Rebollar Puebla, M. (2021). *Función de producción en pollos de engorda de la línea Cobb 500 bajo sistema intensivo en Temascaltepec 2020* [Tesis, Universidad autónoma del Estado de México]. Pdf. <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111840/Tesis%20Mayra%20Rebollar%20Puebla%20repositorio.pdf?sequence=1>

Ysa98. (2019, octubre 28). *Pavo Ardesia: Características, Clasificación, Vida Y Más.* [variedadess.net](https://variedadess.net/pavo-ardesia/). <https://variedadess.net/pavo-ardesia/>

X. ANEXOS

Método de obtención del modelo mediante ecuaciones simultaneas.

X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
0.00	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.87	1.73	0.76	0.66	0.58	1.51	1.31
1.98	2.53	3.90	7.70	15.22	4.99	9.86
3.42	3.45	11.73	40.17	137.57	11.80	40.42
5.18	4.37	26.83	138.99	719.98	22.64	117.30
7.46	5.50	55.62	414.84	3093.94	41.00	305.75
9.89	6.59	97.81	967.38	9567.39	65.20	644.85
12.64	7.75	159.83	2020.56	25544.41	97.99	1238.86
16.57	8.80	274.43	4546.11	75310.09	145.80	2415.35
20.93	9.80	438.01	9166.98	191852.83	205.15	4293.56
25.44	10.68	647.27	16467.61	418961.49	271.77	6914.13
30.12	11.59	907.32	27330.03	823227.96	349.08	10514.85
34.74	12.45	1207.01	41933.99	1456872.83	432.37	15021.53
169.241	86.315	3830.522	103035.026	3005304.283	1649.311	41517.788
ΣX	ΣY	ΣX²	ΣX³	ΣX⁴	ΣXY	ΣX²Y

Sistemas de ecuaciones propuesto

$$\begin{array}{rclclclclcl}
 n & a & + & \Sigma X & B0 & + & \Sigma X^2 & B1 & = & \Sigma Y \\
 \Sigma X & a & + & \Sigma X^2 & B0 & + & \Sigma X^3 & B1 & = & \Sigma XY \\
 \Sigma X^2 & a & + & \Sigma X^3 & B0 & + & \Sigma X^4 & B1 & = & \Sigma X^2 Y
 \end{array}$$

Sistemas de ecuaciones propuesto

$$\begin{array}{rclclclclcl} 13 & & a & + & 169.241 & & B0 & + & 3830.522 & & B1 & = & 86.315 \\ 169.241 & & a & + & 3830.522 & & B0 & + & 103035.026 & & B1 & = & 1649.311 \\ 3830.522 & & a & + & 103035.026 & & B0 & + & 3005304.283 & & B1 & = & 41517.788 \end{array}$$

Solución del sistema de ecuaciones utilizando el método de determinantes

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{ccc|ccc}
 86.31 & 169.24 & 3830.52 & 993643379685.83 & -609186282447.51 & \\
 1649.31 & 3830.52 & 103035.03 & 723977861209.47 & -1 & -916334226879.75 \\
 41517.79 & 103035.03 & 3005304.28 & 650946679463.53 & -838874940879.00 & \\
 \hline
 13.00 & 169.24 & 3830.52 & 149654491863.56 & -56204858929.87 & 2950661171.99 \\
 169.24 & 3830.52 & 103035.03 & 66795781077.25 & -1 & -138010815453.97 \\
 3830.52 & 103035.03 & 3005304.28 & 66795781077.25 & -86079718462.23 &
 \end{array} \\
 \text{a} \quad & = & \frac{4172470152.56}{2950661171.99} = 1.4141
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{ccc|ccc}
 13.00 & 86.31 & 3830.52 & 64436861572.06 & -24200173809.97 & \\
 169.24 & 1649.31 & 103035.03 & 34066457757.79 & -1 & -55611222782.63 \\
 3830.52 & 41517.79 & 3005304.28 & 26915246100.16 & -43901441760.29 & \\
 \hline
 13.00 & 169.24 & 3830.52 & 149654491863.56 & -56204858929.87 & 2950661171.99 \\
 169.24 & 3830.52 & 103035.03 & 66795781077.25 & -1 & -138010815453.97 \\
 3830.52 & 103035.03 & 3005304.28 & 66795781077.25 & -86079718462.23 &
 \end{array} \\
 \text{B0} \quad & = & \frac{1705727077.11}{2950661171.99} = 0.5781
 \end{array}$$

	13.00	169.24	86.31		2067452372.96		-1266484990.00		
	169.24	3830.52	1649.31		1069219141.22	-1	-2209178531.92		
B1	3830.52	103035.03	41517.79	=	1505134177.72		-1189177257.44	=	-23035087.46 = -0.0078
	13.00	169.24	3830.52		149654491863.56		-56204858929.87		2950661171.99
	169.24	3830.52	103035.03		66795781077.25	-1	-138010815453.97		
	3830.52	103035.03	3005304.28		66795781077.25		-86079718462.23		

Con los resultados obtenidos el modelo es:

$$Q = a + B_0 X - B_1 X^2$$

$$Q = 1.4141 + 0.5781X - 0.0078X^2$$

Programa de análisis para la función de producción de pavos en SAS 9.0

DATA PAVOS;

INPUT Y X; X2=X*X;

CARDS;

1.078 0.000

1.730 0.871

2.528 1.975

3.446 3.425

4.372 5.180

5.497 7.458

6.593 9.890

7.751 12.642

8.801 16.566

9.802 20.929

10.682 25.442

11.589 30.122

12.445 34.742

PROC PRINT;

PROC REG;

MODEL Y= X X2;

RUN;

Salida SAS función de producción pavos

Sistema SAS

Cuadro 8. Datos analizados en (SAS).

Obs	Y	X	X ²
1	1.078	0.000	0.000
2	1.730	0.871	0.759
3	2.528	1.975	3.901
4	3.446	3.425	11.729
5	4.372	5.180	26.832
6	5.497	7.458	55.623
7	6.593	9.890	97.813
8	7.751	12.642	159.826
9	8.801	16.566	274.427
10	9.802	20.929	438.010
11	10.682	25.442	647.272
12	11.589	30.122	907.319
13	12.445	34.742	1207.010

Sistema SAS

Procedimiento REG

Modelo: MODEL1

Variable dependiente: Y

Analysis of Variance

Fuente	DF	Sum of	Mean	F-Valor	Pr > F
		Squares	Square		
Modelo	2	178.27430	89.13715	1167.97	<.0001
Error	10	0.76318	0.07632		
Total corregido	12	179.03748			

Root MSE 0.27626

Media dependiente 6.63954

Coeff Var 4.16079

R-cuadrado 0.9957

Adj R-Sq 0.9949

Parámetros estimados

Variable	DF	Parameter	Standard	Valor t	Pr > t
		Estimate	Error		
Término i	1	1.41419	0.15220	9.29	<.0001
Xdependie	1	0.57806	0.02512	23.01	<.0001
X2e	1	-0.00781	0.00073970	-10.55	<.0001