



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM
TEMASCALTEPEC**



**LICENCIATURA INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA**

TESIS

**FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EN POLLOS DE ENGORDA LÍNEA
COBB 500 BAJO SISTEMA INTENSIVO EN TEMASCALTEPEC,
2020**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A:

MAYRA REBOLLAR PUEBLA

ASESOR:

DR. EN C.A.R.N. HÉCTOR HUGO VELÁZQUEZ VILLALVA

CO-ASESOR:

DR. EN C. JOSÉ CEDILLO MONROY

TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO, OCTUBRE 2021

CONTENIDO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| ÍNDICE DE GRÁFICAS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| ÍNDICE DE CUADROS | viii |
| RESUMEN | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 2.1 Planteamiento del problema | 3 |
| 2.2 Pregunta de investigación | 4 |
| III. OBJETIVOS | 5 |
| 3.1 Objetivo general | 5 |
| 3.2 Objetivos específicos | 5 |
| IV. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 4.1 Contexto mundial | 6 |
| 4.1.1 Producción | 6 |
| 4.1.2 Consumo | 7 |
| 4.2 Contexto nacional | 8 |
| 4.2.1 Producción | 8 |
| 4.2.2 Consumo | 10 |
| 4.2.3 Importaciones | 10 |
| 4.2.4 Exportaciones | 11 |
| 4.3 Sistemas de producción | 11 |
| 4.3.1 Semi-extensivo | 11 |
| 4.3.2 Intensivo | 12 |
| 4.3.3 Tradicional | 12 |
| 4.4 Características del pollo de engorda | 13 |
| 4.5 Principales líneas productoras de carne | 13 |
| 4.5.1 Cobb 500 | 13 |
| 4.5.2 Ross | 14 |
| 4.5.3 Ross 308 AP | 15 |
| 4.5.4 Hybro | 16 |
| 4.5.5 Hubbard | 17 |
| 4.5.6 Arbor acres | 18 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 4.6 Alimentación del pollo de engorda | 19 |
| 4.6.1 Etapas de alimentación..... | 21 |
| 4.6.2 Alimento inicio | 21 |
| 4.6.3 Alimento de crecimiento..... | 21 |
| 4.6.4 Alimento finalizador | 22 |
| 4.7 Requerimientos nutrimentales | 22 |
| 4.7.1 Necesidades nutritivas de pollos de engorda | 22 |
| 4.7.2 Proteínas | 23 |
| 4.7.3 Aminoácidos | 24 |
| 4.7.4 Carbohidratos..... | 25 |
| 4.7.5 Energía | 26 |
| 4.7.6 Minerales | 26 |
| 4.7.8 Vitaminas..... | 27 |
| 4.7.9. Agua | 28 |
| 4.8 Sistema digestivo..... | 29 |
| 4.8.1 Pico..... | 30 |
| 4.8.2 Esófago. | 30 |
| 4.8.3 Buche..... | 30 |
| 4.8.4 Proventrículo | 31 |
| 4.8.5 Ventrículo o Molleja..... | 32 |
| 4.8.6 Intestino delgado | 32 |
| 4.8.7 Ceca | 33 |
| 4.8.8 Intestino grueso o colon..... | 34 |
| 4.8.9 Cloaca..... | 34 |
| 4.8.10 Micro flora intestinal de las aves | 34 |
| 4.9 Función de producción | 35 |
| 4.9.1 Producción en el corto plazo..... | 35 |
| 4.9.2 Producción en el largo plazo..... | 37 |
| 4.10 Etapas de la función de producción simple..... | 38 |
| 4.10.1 Etapa I, Rendimientos crecientes | 38 |
| 4.10.2 Etapa II, Rendimientos decrecientes | 38 |
| 4.10.3 Etapa III, Rendimientos negativos | 39 |
| 4.10.4 Óptimo técnico | 39 |

| | |
|-----------------------------------------|----|
| 4.10.5 Óptimo económico | 39 |
| V. ANTECEDENTES | 40 |
| VI. JUSTIFICACIÓN | 41 |
| VII. MATERIALES Y MÉTODOS | 42 |
| 7.1 Sitio experimental | 42 |
| 7.2 Preparación de la instalación | 42 |
| 7.2.1 Manejo del lote | 47 |
| 7.2.2 Criadoras | 49 |
| 7.2.3 Cortinas | 50 |
| 7.3 Recepción de los pollos | 51 |
| 7.4 Distribución de los pollos | 52 |
| 7.5 Suministro de agua | 52 |
| 7.6 Alimentación..... | 53 |
| 7.7 Consumo de alimento..... | 55 |
| 7.8 Ganancia de peso..... | 56 |
| 7.9 Análisis de los resultados | 57 |
| VIII. RESULTADOS | 59 |
| 8.1 Función de producción | 59 |
| 8.2 Curva de crecimiento..... | 72 |
| IX. CONCLUSIONES | 76 |
| X. DISCUSIÓN | 77 |
| XI. REFERENCIA | 79 |
| XII. ANEXOS | 84 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica 1. Producción mundial de carne de pollo durante los últimos 5 años. | 6 |
| Gráfica 2. Principales países productores de carne de pollo | 7 |
| Gráfica 3. Principales países consumidores de carne de pollo. | 8 |
| Gráfica 4. Producción de carne de pollo en México de 2015 a 2019..... | 9 |
| Gráfica 5. Principales estados productores de carne de pollo en México..... | 10 |
| Gráfica 6. La productividad marginal | 37 |
| Gráfica 7. La función de producción | 39 |
| Gráfica 8. Insumo variable acumulado y peso acumulado. | 59 |
| Gráfica 9. Producto total por unidad de insumo..... | 61 |
| Gráfica 10. Producto medio y producto físico marginal por insumo | 62 |
| Gráfica 11. Curva de crecimiento de los pollos..... | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Línea de pollo de engorda Cobb 500 | 14 |
| Figura 2. Línea de pollo de engorda Roos..... | 15 |
| Figura 3. Línea de pollo de engorda Roos 308 AP | 16 |
| Figura 4. Línea de pollo de engorda Hybro | 16 |
| Figura 5. Línea de pollo de engorda Hubbard..... | 18 |
| Figura 6. Línea de pollo de engorda Arbor acres | 19 |
| Figura 7. Sistema digestivo del pollo de engorda..... | 29 |
| Figura 8. Nave para pollos de engorda | 42 |
| Figura 9. Corrales de varilla 3/8 y cubiertos de malla hexagonal | 43 |
| Figura 10. Cajas de plástico..... | 44 |
| Figura 11. Instalación de un foco como fuente de calor en cada lote | 44 |
| Figura 12. Comederos lineales | 45 |
| Figura 13. Bebederos..... | 45 |
| Figura 14. Lote equipado..... | 46 |
| Figura 15. Desinfección de la nave..... | 47 |
| Figura 16. Cama de viruta | 48 |
| Figura 17. Cambio de cama | 48 |
| Figura 18. Criadora infrarroja tipo campana | 49 |
| Figura 19. Cortinas | 50 |
| Figura 20. Uso de ventiladores para disminuir la temperatura | 51 |
| Figura 21. Identificación de los pollos por colores | 51 |
| Figura 22. Peso de los pollos..... | 52 |
| Figura 23. Antibiótico vitaminado y preparación del antibiótico | 53 |
| Figura 24. Vitaminas y preparación de las vitaminas..... | 53 |

| | |
|------------------------------------------------|----|
| Figura 25. Peso de entrada al experimento..... | 84 |
| Figura 26. Peso a la semana 1 | 85 |
| Figura 27. Peso a la semana 2 | 85 |
| Figura 28. Peso a la semana 3 | 86 |
| Figura 29. Peso a la semana 4 | 86 |
| Figura 30. Peso a la semana 5 | 87 |
| Figura 31. Peso a la semana 6 | 87 |
| Figura 32. Peso a la semana 7 | 88 |
| Figura 33. Peso del pollo de 3 kg | 88 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Exportaciones de carne de pollo de 2016 a 2019..... | 11 |
| Cuadro 2. Aminoácidos necesarios para los pollos de engorda | 25 |
| Cuadro 3. Temperatura requerida por pollo en días de vida | 50 |
| Cuadro 4. Análisis bromatológico del alimento para pollo de engorda en cada etapa fisiológica..... | 54 |
| Cuadro 5. Requerimiento de alimento del pollo de engorda (g) | 55 |
| Cuadro 6. Cantidad de insumo utilizado y de producto obtenido | 59 |
| Cuadro 7. Producto total, Producto medio y Producto físico marginal..... | 61 |
| Cuadro 8. Análisis de varianza (ANDEVA) función de producción..... | 63 |
| Cuadro 9. Estimación del producto total, producto físico marginal por unidades de insumo | 70 |
| Cuadro 10. Equivalencias de precios a diferentes escenarios de pesos de los pollos. | 71 |
| Cuadro 11. Edad y peso de los pollos | 72 |
| Cuadro 12. Análisis de varianza (ANDEVA) curva de crecimiento. | 73 |
| Cuadro 13. Peso de los pollos por semana aplicando la ecuación | 75 |
| Cuadro 14. Registro de pesos del pollo de engorda | 84 |
| Cuadro 15. Registro de consumo de alimento | 84 |

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue conocer la función de producción, el óptimo técnico, el óptimo económico y la curva de crecimiento de pollos de engorda línea Cobb 500 en sistema intensivo, el experimento se realizó de julio a septiembre del 2020 en la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, se utilizaron 168 pollos, distribuidos al azar en 42 repeticiones con 4 pollos cada una. Las variables evaluadas fueron: Peso vivo inicial PVI, peso vivo final PVF, consumo total de alimento CTA, consumo de alimento promedio por semana CAPS, ganancia total GT, ganancia semanal de peso GSP. 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. La función de producción obtenida fue polinómica de segundo orden: $Q = -0.0331a^2 + 0.6593a + 0.0463$, con una F de 8.3 y un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9997$, con la cual se pudo predecir el peso del pollo a partir del insumo variable. La máxima producción (óptimo técnico), se encuentra después del cruce de las curvas del producto medio y del producto físico marginal; situación que ocurre en 9.98 kg de insumo variable (alimento) y un producto de 3.33 kg, no se recomienda vender pollos con un peso mayor al indicado. La máxima ganancia (óptimo económico) que se obtiene con el precio del pollo de \$ 45 y del alimento de \$ 8.75, es cuando los pollos consumen 7.02 kg de insumo de variable (alimento) y pesan 3.04 kg. La ecuación para la curva de crecimiento fue polinómica de segundo orden: $y = 0.0395x^2 + 0.0863x + 0.0152$, con una F de 2.3 y un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9989$., con la ecuación de la curva de crecimiento se puede predecir el peso de los pollos a diferentes semanas de edad.

Palabras clave: Pollo de Engorda, Función de Producción, Óptimo Técnico, Óptimo Económico, Curva de Crecimiento.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la avicultura se ha caracterizado por ser una actividad económica que ha alcanzado un nivel tecnológico de eficiencia y alta productividad por lo que en México y el resto del mundo juega un papel muy importante debido a su bajo costo de producción.

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

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.

Existen diferentes formas de estimar la eficiencia del uso de recursos de una unidad de producción para generar uno o más productos al final de su proceso productivo, una de ellas es la estimación de funciones de producción, mediante las cuales se establecen relaciones entre uno o más productos y los factores o insumos que intervienen en su producción, con lo cual se pueden predecir los valores de producción y determinar los niveles óptimos del uso de insumos y su productividad marginal (Pech Martínez, Santos Flores, & Montes Pérez, 2002).

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 (Vargas, 2014).

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 pollo y el consumo de alimento.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Planteamiento del problema

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.

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 toneladas. Esta cifra superaría en 2.3% la producción mundial obtenida en el 2018 (CEDRSSA, 2019).

Los productos avícolas son de gran importancia para la alimentación en nuestro país, 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.

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.

En 2019 se registró un consumo per-cápita de 33.12 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 (Pech, Santos & Montes, 2002).

Existen estudios sobre la función de producción en vacas lecheras, bovinos carne, cerdos y ovinos pero no se encontró información publicada sobre la función de producción en pollo de engorda.

2.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la función de producción del pollo de engorda línea Cobb 500 bajo sistema intensivo en Temascaltepec México 2020?

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Conocer la función de producción en pollos de engorda línea Cobb 500 en sistema intensivo.

3.2 Objetivos específicos

- Estimar el óptimo técnico en pollos de engorda Cobb 500 en sistema intensivo
- Estimar el óptimo económico en pollos de engorda Cobb 500 en sistema intensivo
- Obtener la curva de crecimiento de pollos de engorda Cobb 500 en sistema intensivo

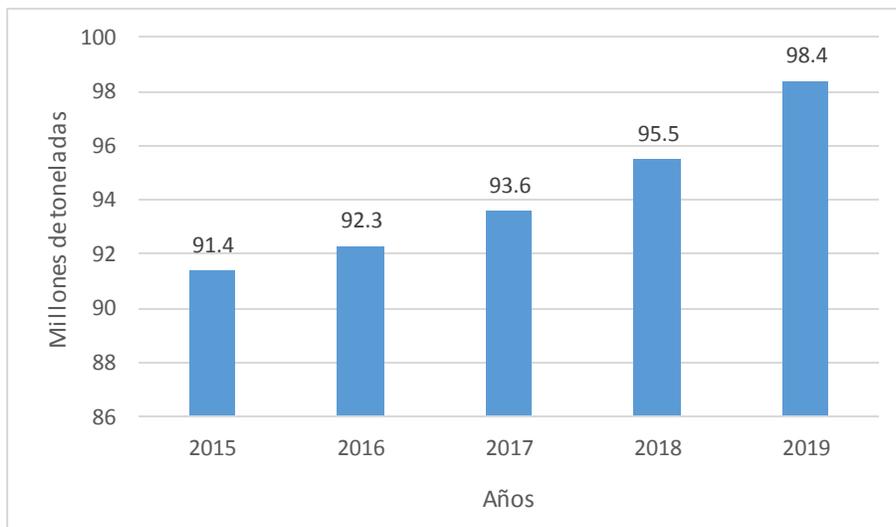
IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Contexto mundial

4.1.1 Producción

La producción mundial de carne de pollo creció a una tasa anual de 2.0% en 2018, al ubicarse en un máximo histórico de 95.5 millones de toneladas. De acuerdo con los pronósticos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), se estima que en 2019 la producción se ubique en 98.4 millones de toneladas, lo cual representaría un incremento anual de 3.0%. China e India serían los países con mayor crecimiento en su producción (FIRA, 2019).

Gráfica 1. Producción mundial de carne de pollo durante los últimos 5 años.



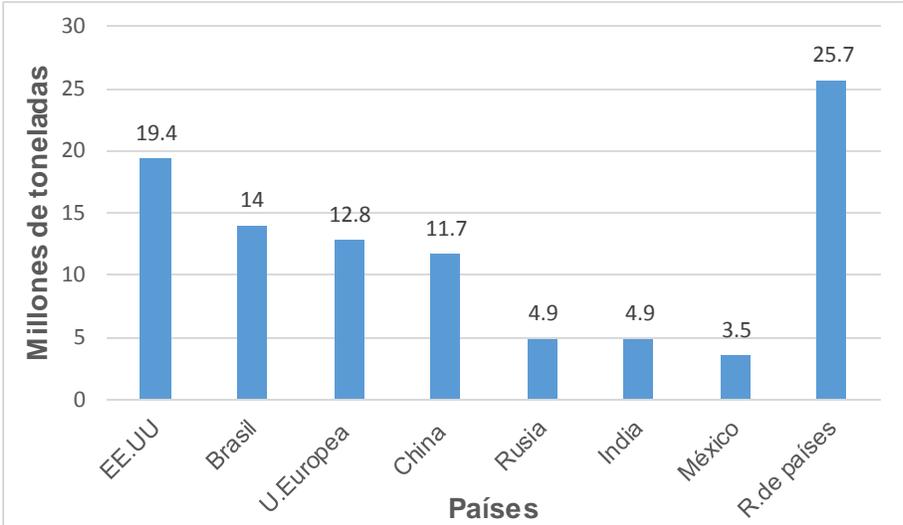
Fuente (FIRA, 2019)

En la gráfica 2, se puede observar que Estados Unidos es el principal productor de carne de ave, con un total de 19.3 millones de toneladas en 2018, es decir, 20.3% de la producción mundial.

Brasil es el segundo productor a nivel mundial, con una participación de 14.0% en 2018. Se estima que en 2019 su producción se incremente 2.1%.

El bloque de la Unión Europea destaca como el tercer productor mundial de carne de pollo, su contribución a la producción mundial en 2018 fue de 12.8% (FIRA, 2019).

Gráfica 2. Principales países productores de carne de pollo



Fuente (FIRA, 2019)

4.1.2 Consumo

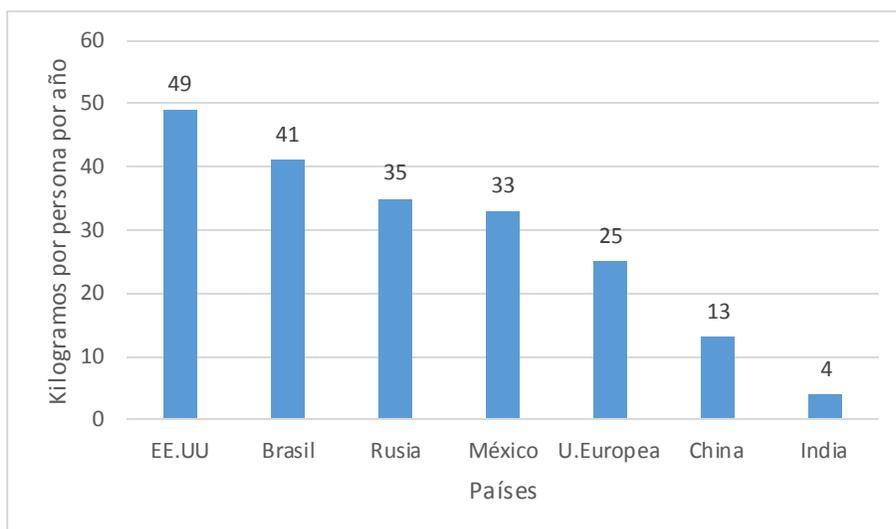
El consumo fue de 4 millones de toneladas en 2018. Del total consumido, 80% es producido por la industria avícola doméstica.

La producción de carne de pollo obtuvo un crecimiento de 3.0%, 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 toneladas en 2018 (aviNews, 2019).

Actualmente, el consumo per cápita mundial de carne de pollo se estima 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, cuyo

consumo anual rebasa los 40 kg y representa aproximadamente tres veces el consumo promedio mundial; Rusia y México tienen un consumo per cápita que duplica al del promedio mundial.

Gráfica 3. Principales países consumidores de carne de pollo.



Fuente (FIRA, 2019)

4.2 Contexto nacional

4.2.1 Producción

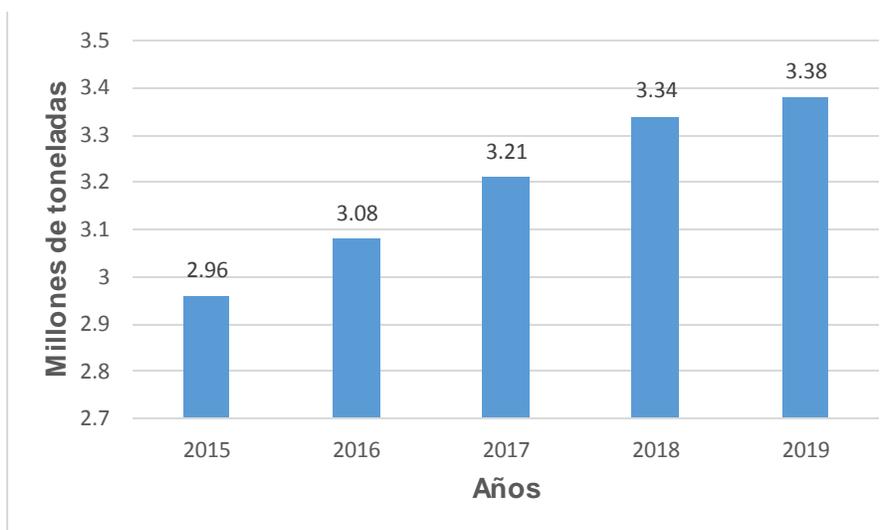
De acuerdo con datos del SIAP-SADER, el inventario nacional de aves para producción de carne al cierre de 2017 fue de 353.9 millones de aves.

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%.

En los estados de Veracruz, Querétaro y Aguascalientes se concentró el mayor número de aves, en conjunto con un 34.5% del total (FIRA, 2019).

Gráfica 4. Producción de carne de pollo en México de 2015 a 2019.



Fuente (FIRA, 2019)

La producción de pollo en México también seguirá dependiendo en gran medida de las importaciones de granos para la elaboración de alimentos, ya que la producción nacional aún no logra satisfacer las necesidades de la industria procesadora de alimentos balanceados.

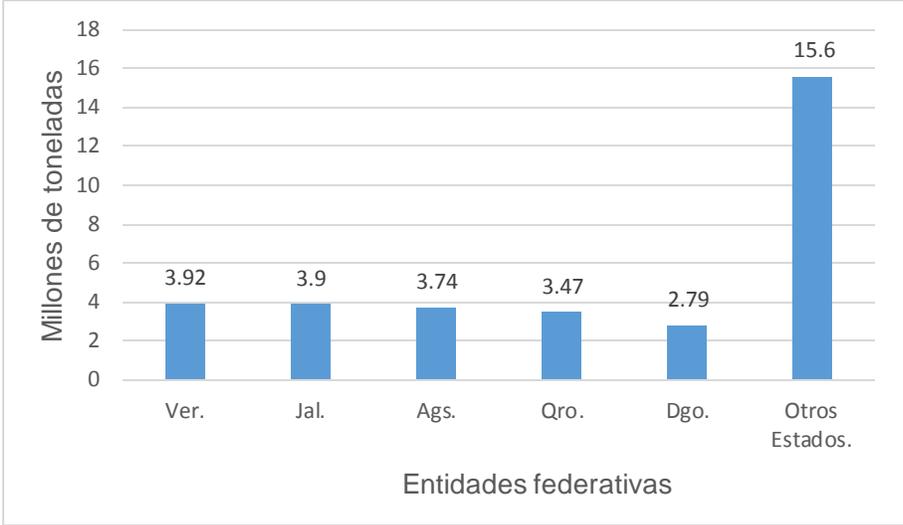
Se estima que la industria avícola consume poco más de 50% del total de los alimentos destinados a la ganadería.

Jalisco, Veracruz, Aguascalientes, Querétaro y Durango son las entidades que encabezan la producción de carne de pollo, su producción conjunta durante 2018 representó más de 50% del volumen nacional.

En 2018, después de quince años en los que Jalisco había destacado como la principal entidad productora, Veracruz se posicionó nuevamente como el líder en la producción nacional.

En esta entidad la producción creció a una tasa anual de 9.7%, mientras que en Jalisco creció 4.2% (FIRA, 2019).

Gráfica 5. Principales estados productores de carne de pollo en México.



Fuente (FIRA, 2019)

4.2.2 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 toneladas, lo que significa un déficit de alrededor de 500 mil toneladas.

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, 2019).

4.2.3 Importaciones

De acuerdo con datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) de la Secretaría de Economía, en 2018 se importaron 526 mil toneladas 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% (FIRA, 2019).

4.2.4 Exportaciones

En el cuadro 1 se presentan las exportaciones realizadas de carne de pollo de los años 2016 a 2019.

Cuadro 1. Exportaciones de carne de pollo de 2016 a 2019

| Año | Exportación (Toneladas) |
|------|-------------------------|
| 2016 | 5 |
| 2017 | 2 |
| 2018 | 3 |
| 2019 | 5 |

Fuente (CONAFAB, 2020).

4.3 Sistemas de producción

4.3.1 Semi-extensivo

Es un sistema de crianza tradicional donde los pollos de engorda aprovechan una extensión de terreno no muy delimitada, es decir, están a pastoreo y rondan para procurarse alimento. Este método implica bajo costo y muy poca mano de obra. También el grado de tecnificación es escaso o nulo al igual que los métodos

sanitarios. La alimentación está reducida a lo que se procuren los pollos de engorda y a los desperdicios de cocina lo que influye directamente en el tiempo de crecimiento de los pollos de engorda. Este sistema es común del sistema de autoconsumo para satisfacer solo la demanda del hogar (Manrique & Perdomo, 2020).

4.3.2 Intensivo

En este sistema los pollos de engorda permanecen confinados, es decir limitados a los corrales o jaulas, los requerimientos de terreno son bajos, teniendo como ventaja la alta densidad de los animales por metro cuadrado lo cual conlleva a facilitar el manejo y por consiguiente una mejor producción.

Las altas densidades de aves de este sistema, requieren una alta inversión económica para lograr proveer alimento, alojamiento, sanidad, agua y todas aquellas condiciones adecuadas que permitan lograr el óptimo desempeño productivo de los pollos de engorda (Manrique & Perdomo, 2020).

4.3.3 Tradicional

Es el clásico galpón rectangular, con cortinas plásticas para regular la temperatura, las cuales son manejadas (cerradas o abiertas) según la edad del pollo; los comederos y bebederos son plásticos, de tolva que deben ser modificados (de altura) manualmente según el tamaño del pollo. El techo es de lámina simple sin aislante de calor y comúnmente con caballete, paredes de malla gallinera tradicional. La densidad de la población no debe exceder de 12 animales por metro cuadrado (según la región) para evitar problemas de calor (Manrique & Perdomo, 2020).

4.4 Características del pollo de engorda

Toda línea de pollo dedicada a la producción de carne tiene que reunir ciertas características que permitan obtener altos rendimientos en la producción.

Entre estas características están:

- Elevada supervivencia.
- Crecimiento rápido y uniforme.
- Excelente conversión de alimento.
- Buen desarrollo corporal.
- Buen rendimiento en canal.
- Línea apta para engorde.
- Sanos.
- Facilidad para adquirirlos y el precio.

(Vázquez, 2018).

4.5 Principales líneas productoras de carne

4.5.1 Cobb 500

Esta línea se caracteriza por su rápido crecimiento, buena conversión alimenticia, alta viabilidad, alta rusticidad en el manejo y de fácil adaptación a cambios climáticos y plumaje blanco.

Presenta características de producción de carne con la utilización de menos alimento, de tal manera que se puede engordar con dietas menos costosas logrando excelentes índices de conversión alimenticia con un mejor rendimiento y una mejor ganancia de peso.

Entre las características genéticas del pollo Cobb 500, están: alto rendimiento, gran versatilidad, adaptación a cualquier mercado, alta velocidad en ganancia de peso y rendimiento de pechuga, exige ciertas condiciones ambientales para manifestar

todo su potencial, por lo tanto, debemos tener un manejo óptimo para alcanzar estas condiciones ambientales en el campo (Vázquez, 2018).

En el mercado mundial la línea Cobb 500, logra los costos más bajos de producción de un kilogramo de carne. La superioridad en eficiencia en conversión alimenticia y una excelente tasa de crecimiento le dan al cliente la mejor opción para lograr el peso esperado al costo más bajo (López, 2018).

Figura 1. Línea de pollo de engorda Cobb 500



Fuente (Colaves, 2020).

4.5.2 Ross

Es una línea precoz, de buena conversión alimenticia, pero son pollos con menor velocidad de crecimiento que la Cobb 500. También se caracteriza por tener una alta rusticidad y adaptabilidad a diferentes climas.

Las aves pertenecientes a la línea Ross 308, son pollos de engorda semi-pesado, se caracterizan por tener rusticidad con baja conversión alimenticia que permite tener un crecimiento rápido, rendimiento de pechuga y obtener buen rendimiento en carne y bajos costos productivos, generando satisfacción al cumplir las exigencias de los clientes. La línea Ross es una de las variedades más utilizadas en todo el

mundo por los avicultores, la habilidad del ave para crecer rápidamente con un bajo consumo de alimento, se convierte en una solución a la hora de producir aves con crecimiento uniforme y alta productividad de carne (Vázquez, 2018).

Figura 2. Línea de pollo de engorda Roos

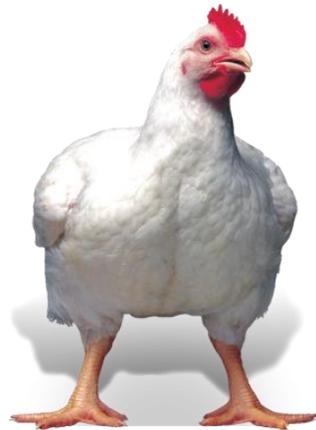


Fuente (Villegas Gutierrez, 2016).

4.5.3 Ross 308 AP

El Ross 308 AP es un pollo de engorda dentro de la línea Ross, este es de rápido crecimiento, conversión alimenticia eficiente y con buen rendimiento de carne. Está diseñado para satisfacer las demandas de los clientes que requieren un rendimiento consistente y la versatilidad para poder cumplir con el amplio rango de requerimientos del producto final. La producción costo-efectiva de la carne de pollo depende de un buen rendimiento del ave (López, 2018).

Figura 3. Línea de pollo de engorda Roos 308 AP



Fuente (Aviagen, Roos 308 AP, 2021).

4.5.4 Hybro

La línea Hybro ha sido especialmente diseñada como una alternativa para mejorar la producción de carne en los planteles avícolas. Esta línea genética se adapta a los diferentes tipos climáticos ofreciendo rusticidad y un mejor desempeño; adicionalmente las hembras presentan niveles de conversión y ganancias de peso superiores a otras líneas genéticas, optimizando así sus resultados finales en conversión y eficiencia. El pollo de engorda Hybro ha demostrado de manera consistente ser una excelente alternativa genética en la producción de carne con altísimos estándares de calidad y rendimiento (López, 2018).

Figura 4. Línea de pollo de engorda Hybro



Fuente (Unknown, 2014).

4.5.5 Hubbard

El cruce de una reproductora Hubbard con un macho compatible produce pollos que convertirán eficientemente el alimento balanceado en carne de alta calidad. Cuando se crían y se alimentan según las recomendaciones para esta línea, el potencial completo de los pollos Hubbard debe materializarse tanto en crianza por sexo separado como en crianza de pollos mixtos.

El pollo Hubbard responde mejor a una temperatura (T) ligeramente más alta de la que generalmente se recomienda durante los días iniciales que es de 31 a 33 grados centígrados (°C), luego se les baja la temperatura de la criadora cada día hasta llegar a 24°C a las 3 semanas de edad.

La eficacia óptima alimenticia se consigue alrededor de los 24°C entre las 4 a 8 semanas de edad. Como regla general, un punto (0.1) de eficiencia alimenticia se pierde por cada °C de disminución en la temperatura ambiente por debajo de la temperatura óptima ambiental, de la misma forma temperatura mayores de 29°C reducen la eficiencia alimenticia por más o menos un punto por cada medio °C de aumento en la temperatura. Por arriba de los 32°C ésta pérdida se eleva a un punto quince (0.15) por cada medio °C (López, 2018).

Figura 5. Línea de pollo de engorda Hubbard



Fuente (Genher, 2020).

4.5.6 Arbor acres

Son pollos especializados para producir carne, utilizando para ello tanto las hembras como los machos que pesan al nacer un promedio de 40 a 50 g, no desarrollan ampollas pectorales, pero si un buen aspecto de la canal y un buen porcentaje de rendimiento de la carne de pollo vendible.

Buenos productores de carne, son de color generalmente blancos, a veces presentan plumas negras y rojizas, tienen buena conversión alimenticia y resistencia a enfermedades.

La tasa de crecimiento de los pollos Arbor acres, está relacionada a una temperatura ligeramente más alta de la recomendada (24-31°C), donde la temperatura de la criadora se disminuye cada día hasta llegar a los 24°C a las 3 semanas de edad. Además las presiones fisiológicas a las que se encuentran sometidos estos pollos de alta velocidad de crecimiento pueden ser causas de pobre viabilidad, especialmente si las aves son manejadas en ambientes riesgosos (Jácome, 2014).

Figura 6. Línea de pollo de engorda Arbor acres



Fuente (Aviagen, Arbor acres Plus, 2021).

4.6 Alimentación del pollo de engorda

Las raciones para pollos de engorda son mezclas completas que en proporciones balanceadas incluyen nutrientes necesarios a fin de obtener óptima producción y rentabilidad.

Los alimentos energéticos contienen carbohidratos y lípidos o grasas y proporcionan calor y energía a las aves. Las fuentes de energía son el maíz, sorgo, cebada, centeno, avena, melaza, grasas animales, grasas vegetales, y subproductos de molienda. Se recomienda usar raciones con granos combinados y no con uno solo, las grasas animales y vegetales con alto contenido energético se usan en las raciones de pollos para engorda.

Una buena nutrición avícola involucra inicialmente, una formulación correcta del alimento para un tipo y edad particular del pollo. Cuándo alimentar, cuánto alimento y cuándo hacer los cambios en los procedimientos de alimentación, son también aspectos importantes.

La alimentación es el acto voluntario o la disposición por el cual los pollos de engorda ingieren alimentos para satisfacer el apetito y para conseguir una buena producción de carne.

Los carbohidratos son la principal fuente de energía utilizada por el organismo animal. Cuando la cantidad de hidratos de carbono consumido es mayor a los requerimientos del animal esto se almacena en forma de glucógeno y cuando es en exceso puede convertirse en grasa y depositarse en el organismo como fuente de energía. Los lípidos se encuentran en todas las células vivientes y constituyen el tejido adiposo del animal.

En el periodo de alimentación de los pollos de engorda se les debe proporcionar dietas y esquemas de alimentación que garanticen el adecuado consumo de nutrientes, de acuerdo a las etapas de alimentación.

La alimentación del pollo de engorda se divide en tres etapas de crianza: iniciación, crecimiento y finalización.

La primera consta de 14 días, que consiste en proporcionar a los pollos una fuente de calor con las condiciones de la cama en buen estado, suficiente agua limpia y un alimento de iniciación con niveles de 20 a 22% de proteína y 3.0 a 3.2 Mcal/kg de EM.

Después de la tercera semana se les asigna alimento para crecimiento con 20% de proteína y 3.0 Mcal/kg de EM hasta cumplir con los 42 días de edad, después se cambia a un alimento de finalización, con 18% de proteína y 3.0 Mcal/kg de EM. La duración de la última etapa dura de una a dos semanas.

La proteína bruta y aminoácidos en el alimento para la crianza de pollos en la etapa de engorda se requiere que obtenga un nivel de 20%, en las primeras 2 a 4 semanas (Vázquez, 2018).

4.6.1 Etapas de alimentación

Las fases de alimentación para pollos de engorda comprenden alimento iniciador de 1 a 14 días, el alimento de crecimiento de 16 a 35 días y el alimento de engorda de 36 hasta el acabado o finalizado.

La Asociación Departamental de Avicultores ADA, (2005), establece que los requerimientos de nutrientes en los pollos parrilleros generalmente disminuyen con la edad. Desde un punto de vista clásico, dietas de inicio, crecimiento y finalización son incorporados en los programas de crecimiento de pollos parrilleros (Vázquez, 2018).

4.6.2 Alimento inicio

El objetivo del período de crianza (de 0 a 14 días de edad) es establecer un buen apetito y lograr el máximo crecimiento temprano. La meta es lograr un peso corporal a los 7 días de 179 g o más. El alimento iniciador se debe administrar durante 10 días y dado que representa sólo una pequeña parte del costo total del alimento, las decisiones sobre su formulación se deben basar en el rendimiento y la rentabilidad más que en el costo de la dieta.

4.6.3 Alimento de crecimiento.

El alimento de crecimiento generalmente se administra durante 15 a 30 días, después del iniciador. La transición entre ambas raciones implica un cambio en la textura de migaja a pellet. Durante este tiempo, el pollo parrillero sigue creciendo de manera dinámica, que necesita el respaldo de un buen consumo de nutrientes. Para obtener resultados óptimos de consumo de alimento crecimiento y conversión alimenticia, es crítico proporcionar a los pollos parrilleros la densidad correcta de nutrientes particularmente energía y aminoácidos.

Siempre existe la necesidad de utilizar un buen alimento de crecimiento para elevar al máximo el desempeño. En caso de requerirse una restricción del crecimiento, se deberá aplicar durante este período, para lo cual es preferible utilizar técnicas de manejo como alimentación sólo en ciertos períodos del día o aplicar programas de iluminación. No se recomienda restringir el crecimiento modificando la composición de la dieta.

4.6.4 Alimento finalizador

El alimento finalizador representa el mayor costo nutricional, es necesario aplicar los principios de la economía para diseñar estas raciones. Los cambios en la composición corporal pueden ser rápidos, durante este periodo, debemos tener mucho cuidado en evitar la acumulación excesiva de grasa en la canal y la pérdida del rendimiento en carne de pechuga.

La decisión de utilizar uno o dos alimentos finalizadores para el pollo de engorda dependerá del peso deseado al sacrificio, la longitud del período de producción y el diseño del programa de alimentación (López, 2018).

4.7 Requerimientos nutrimentales

4.7.1 Necesidades nutritivas de pollos de engorda

Las raciones para las aves varían de acuerdo con la especie, la edad y el objetivo de la explotación. Los pollos de engorda crecen muy rápido y sus necesidades nutritivas son elevadas en su primera fase de desarrollo. Es importante que los pollos inicien bien su crecimiento lo que exige una ración rica en energía desde el primer día hasta las 6 o 8 semanas de edad. La dieta del pollo debe contener proporciones adecuadas; se procura que consuman la mayor cantidad de alimento posible, para crecer rápido y esto resultará en una menor conversión alimenticia.

Entre los nutrientes esenciales se mencionan: proteínas, carbohidratos, energía, minerales, vitaminas y agua.

4.7.2 Proteínas

El término proteína comprende a un grupo de compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Estos componentes también suelen tener azufre, fósforo y hierro, pero la presencia de nitrógeno es la más destacada.

Las proteínas son constituyentes esenciales de los músculos, sangre y plumas, estas a la vez pueden descomponerse en aminoácidos. No es el requerimiento total del pollo lo que es importante, sino las necesidades diarias de los aminoácidos individuales.

Los niveles de proteínas varían de acuerdo al periodo o fase de crecimiento.

De los 22 aminoácidos, 5 se consideran críticos desde el punto de vista del análisis del alimento, pero los otros se encuentran en proporción normal en las combinaciones de nutrientes que componen la mayor parte de las raciones avícolas o por síntesis interna. Los 5 son: metionina, cisteína, lisina, triptófano y arginina.

Todas las proteínas están constituidas por aminoácidos, diez de los cuales, por lo menos se consideran como esenciales, porque no pueden ser sintetizados en el organismo del ave y tienen que ser suministrados con la ración. Estos son: arginina, histidina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. La glicina y el ácido glutámico, deben proporcionarse también con la ración para lograr un crecimiento. En lo que se refiere a las necesidades de los distintos aminoácidos por las aves en crecimiento solo requieren atención especial, en las raciones, arginina, cisteína, glicina, lisina, metionina y triptófano.

4.7.3 Aminoácidos

El suplemento de Arbor acres (2009) ha demostrado que niveles elevados de aminoácidos digestibles mejoran la rentabilidad al aumentar el desempeño de los pollos, particularmente su rendimiento en canal.

Para Trumbo (2002) cuando las proteínas se digieren o se descomponen, los aminoácidos se acaban. Los seres vivos requieren de muchos aminoácidos para:

- Descomponer los alimentos.
- Crecer.
- Reparar tejidos corporales.
- Llevar a cabo muchas otras funciones corporales.

Clasificación de los aminoácidos.

- Aminoácidos esenciales.
- Aminoácidos no esenciales.
- Aminoácidos condicionales

Aminoácidos esenciales:

- Los aminoácidos esenciales no los puede producir el cuerpo. En consecuencia, deben provenir de los alimentos.
- Los nueve aminoácidos esenciales son: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

Aminoácidos no esenciales:

- "No esencial" significa que el cuerpo produce aminoácidos, aun cuando no lo obtengamos de los alimentos que consumimos.
- Estos aminoácidos son: alanina, asparagina, ácido aspártico y ácido glutámico.

Aminoácidos condicionales:

- Los aminoácidos condicionales por lo regular no son esenciales, excepto en momentos de enfermedad y estrés.
- Ellos abarcan: arginina, cisteína, glutamina, tirosina, glicina, ornitina, prolina y serina.

A continuación, en el cuadro 2 se muestra una lista de aminoácidos necesarios para los pollos de engorda.

Cuadro 2. Aminoácidos necesarios para los pollos de engorda

| Esenciales (no pueden ser sintetizados) | Semi-esenciales (pueden ser sintetizados) | No esenciales (pueden ser sintetizados) |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Metionina | Tirosina | Alanina |
| Lisina | Cistina | Acido aspártico |
| Triptófano | Hidroxilisina | Asparagina |
| Histidina | | Acido glutámico |
| Leucina | | Glutamina |
| Isoleucina | | Hidroxiprolina |
| Treonina | | Glicina |
| Arginina | | Serina |
| Valina | | Prolina |
| Fenilalanina | | |

Fuente (Vázquez, 2018)

4.7.4 Carbohidratos

Los carbohidratos contenidos en la dieta tienen como función principal proporcionar energía al pollo parrillero. En lo que se refiere a producción de carne son un factor básico para el logro de la eficiencia en la producción de carne. Los carbohidratos y lípidos son necesarios en el organismo, como fuente primaria de energía. Esta energía es utilizada en funciones vitales como: conservar la temperatura corporal y las funciones esenciales como el movimiento; utilizar las 25 reacciones químicas en la síntesis del tejido corporal, eliminar los desechos orgánicos, sintetizar compuestos como hormonas, enzimas, proteínas sanguíneas y anticuerpos, entre otros.

La energía de la dieta se encuentra en tres clases de nutrientes: carbohidratos, proteínas y grasas. Los carbohidratos y grasas funcionan principalmente como fuentes de energía.

4.7.5 Energía

Las fuentes principales de energía en el alimento del pollo de engorda son los carbohidratos y las grasas. Cuando se da la proteína en exceso, mucha se puede convertir en fuente de energía.

Dentro de ciertos límites, la energía de un alimento afecta la cantidad consumida. Los pollos tienen la capacidad de regular su consumo de alimento, así que comen menos de un alimento de alto contenido de energía y más de un alimento de baja energía.

Esto se puede resumir de la siguiente forma:

- La disminución de la energía en el alimento reduce el peso a las 6 semanas.
- La disminución de la energía en el alimento aumenta el consumo total de alimento.
- El total de alimento consumido disminuye alrededor del mismo porcentaje que el aumento del contenido calórico de la ración.
- La disminución de energía del alimento incrementa la conversión de alimento.

4.7.6 Minerales

Estos forman parte de los requerimientos del ave, o se necesitan en cantidades pequeñas.

Tienen interacción con otros nutrientes y el exceso puede ser tóxico. Se puede suministrar en forma orgánica e inorgánica, entre los más importantes tenemos: calcio, fósforo, potasio, yodo, cloro, selenio, zinc, sodio, manganeso, magnesio, hierro y otros.

La FAO (2003) expresa que los minerales son necesarios para la formación del sistema óseo, para la salud en general, como componentes de la actividad metabólica general y para el mantenimiento del equilibrio entre los ácidos y las bases del organismo.

4.7.7 Grasa

El valor energético bruto de la grasa es 2.25 veces el de mayor parte de los carbohidratos (almidón), por lo tanto, se agrega grasa en las raciones de los pollos de engorda con el fin de aumentar la EM de la ración a los valores necesarios.

4.7.8 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos químicos orgánicos que por lo general no son sintetizados por las células del cuerpo, pero son necesarios en la reproducción, crecimiento normal, conservación de la salud.

Entre estas se pueden mencionar: vitamina "A", vitamina "D3", vitamina "E", vitamina "K", tiamina, riboflavina, niacina y otras.

Clasificación de las vitaminas

Las vitaminas se pueden clasificar según su solubilidad: si lo son en agua hidrosolubles o si lo son en lípidos liposolubles.

Vitaminas liposolubles

Las vitaminas liposolubles, "A", "D", "E" y "K", se consumen junto con alimentos que contienen grasa. Vitamina "A" (retinol), vitamina "D" (calciferol), vitamina "E" (tocoferol), vitamina "K" (antihemorrágica).

Se almacenan en el hígado y en los tejidos grasos, debido a que se pueden almacenar en la grasa del cuerpo no es necesario tomarlas todos los días por lo que es posible, tras un consumo suficiente, subsistir una época sin su aporte.

Vitaminas hidrosolubles

Se denominan vitaminas hidrosolubles debido a que se eliminan por la orina y son relativamente no tóxicas. En este grupo de vitaminas, se incluyen las vitaminas “B1” (tiamina), “B2” (riboflavina), “B3” (niacina o ácido nicotínico), “B5” (ácido pantoténico), “B6” (piridoxina), “B8” (biotina), “B9” (ácido fólico), “B12” (cianocobalamina) y vitamina “C” (ácido ascórbico).

4.7.9. Agua

Dentro del cuerpo el agua constituye el medio básico para el transporte de nutrientes, eliminación de productos de desechos y para el mantenimiento de la temperatura corporal donde el agua constituye un 70% del peso del cuerpo.

Las aves consumen de 2 o 7 veces más agua en peso que lo que consumen de alimento, la variación depende de la edad del ave y la temperatura del ambiente.

Esta es la razón por la cual es muy importante mantener un adecuado suministro de agua, limpia fresca todo el tiempo.

El agua tiene una gran importancia en la digestión y metabolismo del ave. Forma parte del 55 a 75% del cuerpo de esta y cerca del 65% del huevo.

Un suministro constante de agua es importante para:

- La digestión de los alimentos.
- La absorción de los nutrientes.
- La excreción de las sustancias de desecho del organismo.

- La regulación de la temperatura corporal.
(Vázquez, 2018)

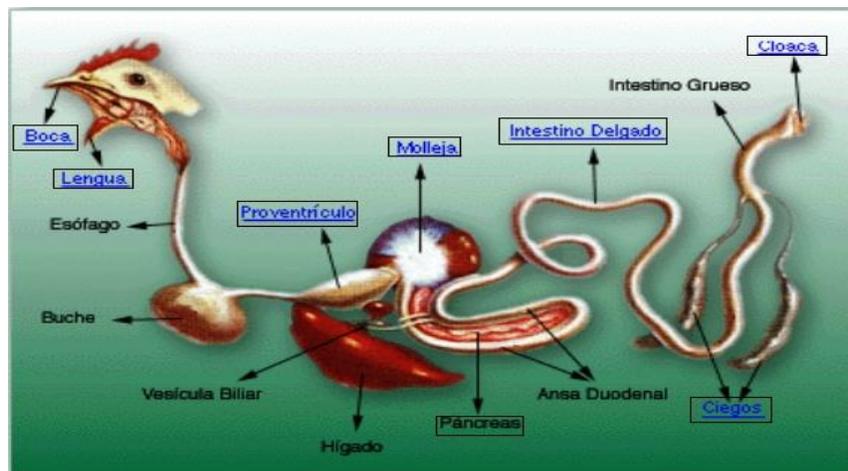
4.8 Sistema digestivo

El sistema digestivo de las aves empieza en el pico o boca e incluye diferentes órganos importantes y terminaciones como la cloaca. Aunque tiene similitudes con los aparatos digestivos de los mamíferos y los reptiles, el aparato digestivo de las aves se caracteriza por tener órganos especiales como el buche y la molleja.

El sistema digestivo de cualquier animal es de vital importancia para el procesamiento del alimento que el animal consume. A través del aparato digestivo las aves pueden absorber todos los nutrientes que sus cuerpos necesitan para crecer, mantenerse y reproducirse. Como las aves no tienen dientes, los alimentos digeridos por ellas son descompuestos de forma mecánica y química en el aparato digestivo.

Es decir, diferentes enzimas digestivas y ácidas son liberados para poder digerir los alimentos y los órganos involucrados en el proceso los trituran y mezclan, garantizando la máxima absorción de nutrientes durante el proceso.

Figura 7. Sistema digestivo del pollo de engorda



Fuente (Mejia, 2017).

4.8.1 Pico

Las aves utilizan su pico para alimentarse. Toda la comida que entra al cuerpo del ave pasa primero por el pico. Las aves no tienen dientes, así que no pueden masticar la comida.

No obstante, en el interior del pico pueden ser encontradas glándulas que secretan saliva que sirve para humedecer los alimentos, permitiendo que estos puedan ser tragados fácilmente.

La saliva que se encuentra en el interior del pico contiene enzimas digestivas como amilasa que sirven para iniciar el proceso de digestión de los alimentos. Las aves también usan su lengua para empujar el alimento a la parte trasera del pico y así poder tragarlo.

4.8.2 Esófago.

El esófago es un tubo flexible que conecta el pico con el resto del tracto digestivo del ave. Se encarga de llevar el alimento de la boca al buche y del buche al proventrículo.

4.8.3 Buche

El buche es una saliente del esófago localizada en la región del cuello del ave. Los alimentos y el agua tragados son almacenados en esta bolsa hasta que pueden pasar al resto del tracto digestivo.

Cuando el buche está vacío o casi vacío, le envía señales de hambre al cerebro para que el ave ingiera más alimento.

Aunque las enzimas digestivas secretadas en el pico inician el proceso de digestión, en el buche este proceso es bastante lento, ya que este órgano sirve como un lugar de almacenamiento temporal para los alimentos.

Este mecanismo de almacenamiento se desarrolló en aves que son típicamente cazadas por otros animales, pero necesitan desplazarse en campo abierto para encontrar alimento.

De esta forma, las aves pueden consumir una cantidad considerable de alimento rápidamente y luego moverse a un lugar más seguro a digerir dicho alimento.

En algunas ocasiones, el buche puede ser afectado por problemas de obstrucción o impactación. Esto sucede cuando el ave lleva un largo periodo de tiempo sin consumir alimento y de repente ingiere una amplia cantidad.

Cuando esto ocurre, el alimento puede iniciar un proceso de descomposición en el interior del buche y enfermar al ave. El buche también puede obstruirse cuando el ave consume grandes trozos de material vegetal que bloquean el paso de alimento al resto del sistema digestivo.

Un buche inflamado también puede bloquear la tráquea o salida del aire, causando que las aves mueran por sofocación.

4.8.4 Proventrículo

El esófago continúa después del buche y lo conecta con el proventrículo. Este órgano es conocido como el estómago glandular de las aves donde la digestión primaria comienza.

El ácido clorhídrico y las enzimas digestivas como la pepsina se mezclan con el alimento ingerido y empiezan a descomponerlo de manera más eficiente. En este momento, la comida todavía no ha sido molida.

4.8.5 Ventrículo o Molleja

El ventrículo o molleja es un órgano del sistema digestivo tanto de las aves como de los reptiles, los gusanos de tierra y los peces.

Usualmente se le conoce como el estómago mecánico, pues está compuesto por un par de músculos fuertes con una membrana protectora que actúan como si fuesen los dientes del ave.

El alimento consumido por el ave y los jugos digestivos provenientes de las glándulas salivales y el proventrículo pasan a la molleja donde todo será molido y mezclado.

Algunas veces, las aves pueden consumir pequeñas rocas dentro del alimento. Éstas suelen ser ablandadas en el proventrículo y molidas en la molleja.

Generalmente, las rocas molidas permanecen en la molleja hasta que su tamaño es lo suficientemente pequeño como para pasar por el resto del tracto digestivo.

Cuando un ave ingiere un objeto filoso, como una tachuela o un gancho de grapadora, el objeto puede quedar atrapado en la molleja. Estos objetos pueden perforar la molleja cuando sus músculos empiezan a moverse rápidamente.

Las aves que presentan daños en las paredes de la molleja, comienzan a sufrir de desnutrición y eventualmente mueren.

4.8.6 Intestino delgado

El siguiente paso de la digestión ocurre en el duodeno y los nutrientes liberados por el alimento son absorbidos principalmente en la parte baja del intestino delgado.

El duodeno recibe las enzimas digestivas y bicarbonato del páncreas y bilis del hígado para contrarrestar el efecto del ácido clorhídrico proveniente del proventrículo.

Los jugos digestivos producidos por el páncreas se relacionan principalmente con la digestión de proteínas. La bilis es un agente limpiador importante en la digestión de lípidos y la absorción de vitaminas solubles en grasa como la “A”, “D”, “E” y “K”.

La parte baja del intestino delgado se compone de dos partes, que yeyuno y el íleon.

El divertículo de Meckel marca el final del yeyuno y el inicio del íleon. Este divertículo se forma durante el estadio embrionario de las aves.

4.8.7 Ceca

La ceca se compone de dos bolsas ciegas donde el intestino delgado y grueso se une. Algunos restos de agua contenidos en el alimento digerido son reabsorbidos en este punto.

Otra función importante de la ceca es la fermentación de los restos de alimento que aún no han terminado de ser digeridos. Durante el proceso de fermentación, la ceca produce ácidos grasos y las ocho vitaminas “B” (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, biotina, ácido fólico y vitamina “B12”).

La ceca se encuentra localizada muy cerca del final del tracto digestivo, sin embargo, en ella todavía son absorbidos algunos nutrientes disponibles en la comida.

4.8.8 Intestino grueso o colon

A pesar de que su nombre indica que el intestino grueso es de mayor tamaño que el delgado, en realidad este es más corto. La función principal del intestino grueso es absorber los restos últimos de agua presentes en el material digerido.

4.8.9 Cloaca

En la cloaca, los residuos de la digestión se mezclan con los residuos del sistema urinario (urea). Las aves generalmente expulsan la materia fecal proveniente del sistema digestivo junto con los cristales de ácido úrico resultantes del proceso del sistema excretor.

Como las aves no orinan, expulsan los desechos de ácido úrico en forma de una pasta blancuzca y cremosa. Las heces de las aves pueden indicar en qué estado de salud se encuentran. El color y la textura de la materia fecal indica en qué condiciones se encuentra el tracto digestivo.

En la cloaca también converge el sistema reproductivo de las aves. Cuando una hembra pone un huevo, la vagina se pliega sobre la superficie del huevo, de tal forma que la cloaca se pueda abrir sin entrar en contacto con las heces o la orina.

4.8.10 Micro flora intestinal de las aves

Tanto en el intestino delgado como en el grueso es normal encontrar poblaciones de microorganismos benéficos para la digestión (bacterias y levaduras, entre otros), a estos pequeños organismos se les denomina micro flora. Estas poblaciones son, en parte, responsables de que la digestión de las aves sea exitosa.

Cuando un ave rompe el huevo al nacer, su sistema digestivo se encuentra en estado estéril. Cuando un pollo de ave es criado por su madre, obtiene todos los microorganismos provenientes del micro flora de ella.

Cuando un ave es incubada en cautiverio, no tiene la posibilidad de obtener la micro flora de su madre y los cuidadores deben preparar una mezcla de microorganismos para mezclarlos con el alimento del ave.

Las enfermedades intestinales de las aves ocurren generalmente cuando el balance de la micro flora es alterado por organismos externos. Como resultado las aves pueden sufrir de enteritis o inflamación de los intestinos.

La enteritis se puede detectar cuando el ave tiene diarrea, consume más agua de lo normal, pierde el apetito, se encuentra débil, tiene crecimiento lento o pierde peso (Mejia, 2017).

4.9 Función de producción

La función de producción indica el nivel de producción Q que obtiene una empresa con cada combinación específica de factores de producción. Para simplificar, se puede suponer que sólo hay dos factores de producción: Trabajo (L); y, Capital (K). Por lo tanto, se puede expresar la función de producción como: $Q = F(K, L)$.

La función de producción supone una tecnología dada (conocimiento de cómo transformar los factores en producto).

Las funciones de producción describen lo que es técnicamente viable cuando la empresa produce eficientemente, es decir la máxima producción que se puede lograr dados los factores (García, 2004).

4.9.1 Producción en el corto plazo

El corto plazo se refiere al período de tiempo en el que no es posible alterar uno o más factores de producción.

Típicamente se asume que en el corto plazo K es fijo y L es variable.

Producto marginal: producto adicional que se puede obtener empleando una unidad más de un factor productivo, manteniendo todos los demás factores productivos constantes.

$$\text{Productividad marginal del capital} = Pmg_k = \frac{\partial q}{\partial K} = f_k$$

$$\text{Producto marginal del trabajo} = Pmg_l = \frac{\partial q}{\partial L} f_l$$

Nótese que las definiciones utilizan derivadas parciales, lo que refleja adecuadamente que la utilización de los demás factores productivos se mantiene constante, mientras se varía el uso del factor productivo que nos interesa.

Producto marginal decreciente: es de esperar que el producto marginal de un factor productivo dependa de cuánto factor se utilice.

Matemáticamente, se tendrá:

$$\frac{\partial Pmg_L}{\partial L} = \frac{\partial^2 q}{\partial L^2} = f_{LL} < 0$$

$$\frac{\partial Pmg_K}{\partial K} = \frac{\partial^2 q}{\partial K^2} = f_{KK} < 0$$

Producto medio: aunque este concepto no es tan importante en el análisis económico como la productividad marginal, resulta fácil cuantificar la productividad media y suele utilizarla como un indicador de eficiencia:

La función de producción descrita tiene tres etapas:

Etapa I: donde PmeX es creciente. PmgX es primero creciente (entre el origen y el punto A) y luego decreciente (entre A y B). Esta etapa termina en el momento en que PmeX se hace máxima y se iguala con PmgX.

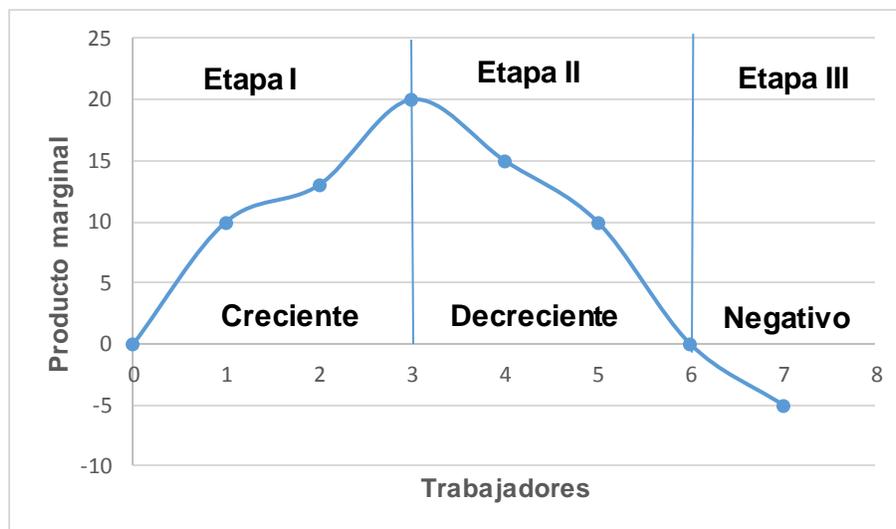
Etapa II: tanto PmeX y PmgX son decrecientes, pero no negativos (entre puntos B y C).

Esta zona termina en el momento en que la $PmgX$ se torna nula y corta al eje horizontal.

Etapa III: $PmgX$ es negativo (del punto C hacia la derecha). $PmeX$ sigue siendo positivo, pero decreciente.

Ninguna empresa operará dentro de la tercera etapa ya que los programas de producción allí considerados no son técnicamente eficientes. Entonces, cada unidad adicional del factor de producción reduce la producción en lugar de aumentarla, lo que explica la forma decreciente de la curva de producción.

Gráfica 6. La productividad marginal



Fuente (Martínez Argudo, 2018).

4.9.2 Producción en el largo plazo

Muestra las combinaciones de K y L que puede producir determinado nivel de producto (por ejemplo, q_0).

Matemáticamente, una isocuanta muestra el conjunto de K y L que cumple:

$$f(KL) = q_0$$

Entonces, tiene poco sentido contratar una unidad de insumo cuyo Pmg sea negativo. Tanto el grupo de insumos C como el A dan como resultado la misma producción total. Sin embargo, el grupo de insumos C contiene más de capital y más trabajo. Por lo tanto, el grupo de insumos C tiene que ser más caro y no se debe seleccionar (Aguirre, 2017).

4.10 Etapas de la función de producción simple

4.10.1 Etapa I, Rendimientos crecientes

Se inicia donde el nivel de X es cero y finaliza al nivel en el cual el Pme y el Pmg se cruzan, es decir en el punto del óptimo técnico.

4.10.2 Etapa II, Rendimientos decrecientes

Se inicia en el máximo gradiente y finaliza al nivel del insumo para el cual el Pmg se hace cero y el PT alcanza su máximo, es decir en el máximo técnico.

Máximo técnico: Es aquella combinación de insumos variable el insumo fijo que permiten alcanzar un máximo en la curva de la productividad total (García, 2004).

En esta etapa la curva del Pme es decreciente, pero no llega a ser cero. A medida que aumenta el insumo variable, la producción se incrementa pero en menor proporción. Esta es la etapa racional de producción.

4.10.3 Etapa III, Rendimientos negativos

Comienza en el punto del máximo, técnico y finaliza cuando el PT y el Pmg se hacen igual a cero (García, 2004).

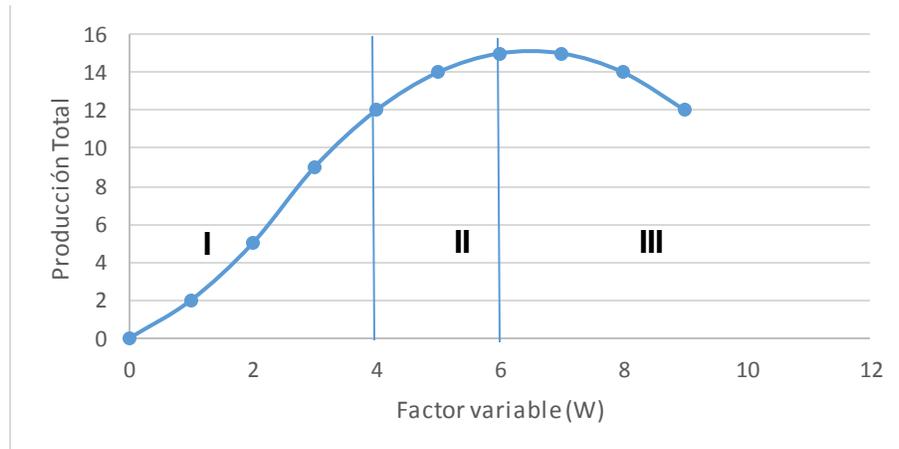
4.10.4 Óptimo técnico

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 (Lanfranco & Helguera, 2016).

4.10.5 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 (Lanfranco & Helguera, 2016).

Gráfica 7. La función de producción



Fuente (Santoque, 2012).

V. ANTECEDENTES

Existen algunos estudios acerca de la función de producción aplicada al sector agropecuario.

Estimación de una función de producción de bovinos carne en sistema extensivo en el sur del Estado de México (Hernández, 2016).

Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México (Pech Martínez, Santos Flores, & Montes Pérez, 2002).

Función de producción de la ganadería de carne en la zona sur del Estado de México (Morales, Gonzalez, & Hernandez, 2018).

Estimación de una función de producción y análisis de la productividad: el sector de innovación global en mercados locales (Mogro, 2017).

Determinación del óptimo técnico y económico en una granja Porcícola en Temascaltepec, Estado de México (Rebollar, Gómez, Hernández, & Rojo, 2007).

Determinación del óptimo técnico y económico en el cultivo de papa de temporal (Morales, Rebollar, Hernández, & González, 2015).

Análisis de la función de producción de leche en el sistema bovinos doble propósito en Ahome, Sinaloa (Cuevas, Loaiza, Astengo, Moreno, & Borja, 2018).

Óptimos económicos en corderos pelibuey engordados en corral (Rebollar, Hernández, Rojo, & Mejía, 2007).

Óptimos técnicos y económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México (Rebollar, Gómez, Callejas, Guzmán, & Hernández, 2014).

Actualmente no se han encontrado registros de trabajos elaborados que describan la función de producción en pollos de engorda.

VI. JUSTIFICACIÓN

Existen metodologías que estiman la eficiencia del uso de recursos en empresas pecuarias para generar uno o más productos al final de su proceso productivo. Una de estas metodologías tiene como propósito la estimación de funciones de producción, mediante las cuales se establecen relaciones entre uno o más productos y los factores o insumos que intervienen en su producción, con lo cual se pueden predecir los valores de producción y determinar los niveles óptimos del uso de insumos y su productividad marginal.

Un aspecto 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 (Pech Martínez, Santos Flores, & Montes Pérez, 2002).

Con base en este planteamiento, la investigación experimental consistió en estimar una función de producción que describiera la relación que guarda la producción de pollo de engorda con dos factores económicos que la describen, y valorar los cambios en la producción al modificar las cantidades de los recursos utilizados.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 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.

Figura 8. Nave para pollos de engorda



Fuente Propia.

7.2 Preparación de la instalación

Se utilizó la nave para aves de engorda de la posta zootécnica, la cual mide 9 m de largo, 6 m de ancho y 3.5 m de alto, esta nave fue lavada con agua y jabón.

Se instalaron lotes donde se albergaron los pollos del experimento elaborados de varillas de 3/8, los cuales medían 50 cm de largo, 100 cm de ancho y 70 cm de alto, estaban cubiertos con malla hexagonal para evitar el paso de los pollos de un lote a otro y proporcionar una mejor ventilación.

Figura 9. Corrales de varilla 3/8 y cubiertos de malla hexagonal



Fuente propia.

Cada lote contó con una caja de plástico para los primeros 17 días del experimento las dimensiones eran de 50 cm de largo, 30 cm de ancho y 20 cm de alto, también contó con un foco de luz fluorescente de 100 watts en cada lote para proporcionar calor a los pollos así como comederos lineales de 30 cm con capacidad de 1.2 kg y bebederos tipo canoa con una capacidad de 2 litros.

Figura 10. Cajas de plástico



Fuente propia.

Figura 11. Instalación de un foco como fuente de calor en cada lote



Fuente propia

Figura 12. Comederos lineales



Fuente propia.

Figura 13. Bebederos



Fuente propia.

Se instalaron cuatro criadoras infrarrojas tipo campana, que utilizan gas LP distribuidas de manera que proporcionarán calor uniforme a la nave, se colocaron cortinas con plástico en la parte frontal y trasera de la nave, mismas que fueron fijadas por la parte baja y regulables en la parte alta, para permitir la ventilación de la nave.

Figura 14. Lote equipado



Fuente propia.

Por último, la nave fue desinfectada de manera interna y externa mediante aspersion, la solución que se utilizó fue de 0.013 ml de creolina en un litro de agua, al día siguiente se desinfectó nuevamente con una solución de 50 ml de cloro en un litro de agua se dejó reposar por 5 días antes de la llegada de los pollos.

Figura 15.Desinfección de la nave



Fuente propia

7.2.1 Manejo del lote

Las cajas que contenían los lotes se utilizaron por un periodo de 17 días, su función era mantener a los pollos sin excretas y con una adecuada temperatura, pasado este periodo se colocó una cama de 5 cm de espesor de viruta.

Figura 16. Cama de viruta



Fuente propia.

La humedad de la cama fue monitoreada de forma continua, si esta aumentaba se agregaba viruta y se reemplazó la cama cada 15 días, para evitar la propagación de alguna enfermedad.

Figura 17. Cambio de cama



Fuente propia.

7.2.2 Criadoras

Las criadoras se manejaron conforme a la tabla de requerimiento de temperatura de los pollos Cobb 500, se regulaba la temperatura en el termostato de la criadora por día, las criadoras fueron encendidas dos horas antes de la recepción de los pollos con la finalidad de proporcionar una temperatura de 32°C durante los primeros 2 días, posterior a ello la temperatura se fue disminuyendo un grado por día hasta llegar a la temperatura ambiente de 22°C, las criadoras fueron encendidas a las 7:00 pm y se apagaban las 9:00 am durante los primeros 12 días de vida del pollo.

Figura 18. Criadora infrarroja tipo campana



Fuente propia.

Cuadro 3. Temperatura requerida por pollo en días de vida

| Días de vida del pollo | Temperatura °C |
|------------------------|----------------|
| 2 | 32 |
| 3 | 32 |
| 4 | 31 |
| 5 | 30 |
| 6 | 29 |
| 7 | 28 |
| 8 | 27 |
| 9 | 26 |
| 10 | 25 |
| 11 | 24 |
| 12 | 23 |
| 13 | 22 |

Fuente propia.

7.2.3 Cortinas

Las cortinas durante los primeros 4 días permanecieron cerradas, a partir del día 5 las cortinas se bajaron de manera gradual 25 cm por día, en el día 8 de vida de los pollos las cortinas se bajaron por completo a las 8:00 am y se subían a las 8:00 pm. Si en el transcurso del día la temperatura excedía el requerimiento del pollo se utilizaban ventiladores que generaban una circulación de aire por la nave y de esa manera se disminuyó la temperatura.

Figura 19. Cortinas



Fuente propia.

Figura 20. Uso de ventiladores para disminuir la temperatura



Fuente propia

7.3 Recepción de los pollos

Antes de la llegada de los pollos 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 pollos se tomó el peso individual con una báscula gramarí, se identificaron por colores (verde, azul, rojo y blanco) y fueron distribuidos de manera aleatoria en los lotes.

Figura 21. Identificación de los pollos por colores



Fuente propia

Una vez establecidos los lotes, los pollos se pesaron y remarcaron cada semana a las 4:00 pm hasta el término de experimento 49 días, semana 7.

Figura 22. Peso de los pollos



Fuente propia.

Los pollos fueron hidratados a su llegada a la nave con un antibiótico vitaminado de la marca comercial Ru Vi Otic con una relación de 5 g en 8 litros de agua.

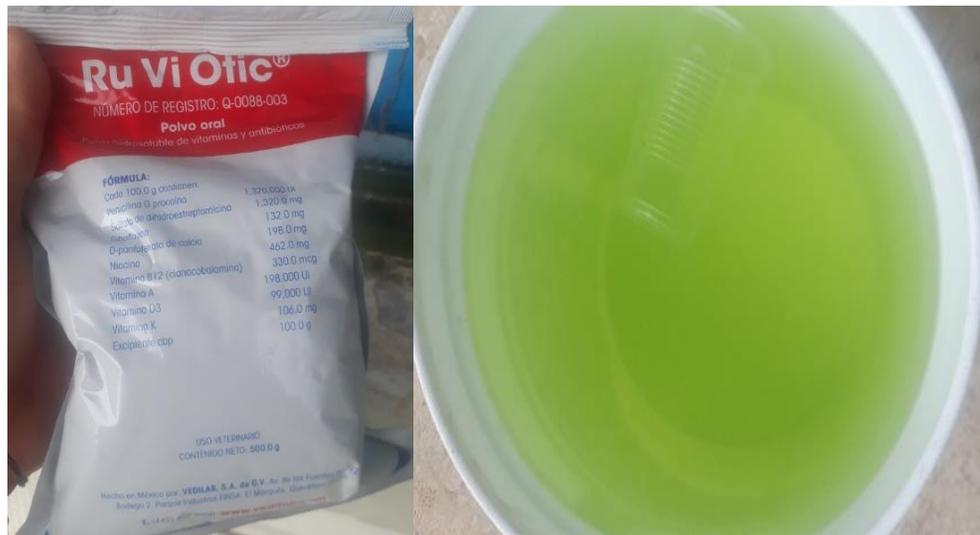
7.4 Distribución de los pollos

Se utilizaron 168 pollos de la línea Cobb 500, de 2 días de nacidos, en 42 lotes, cada lote contó con 4 pollos.

7.5 Suministro de agua

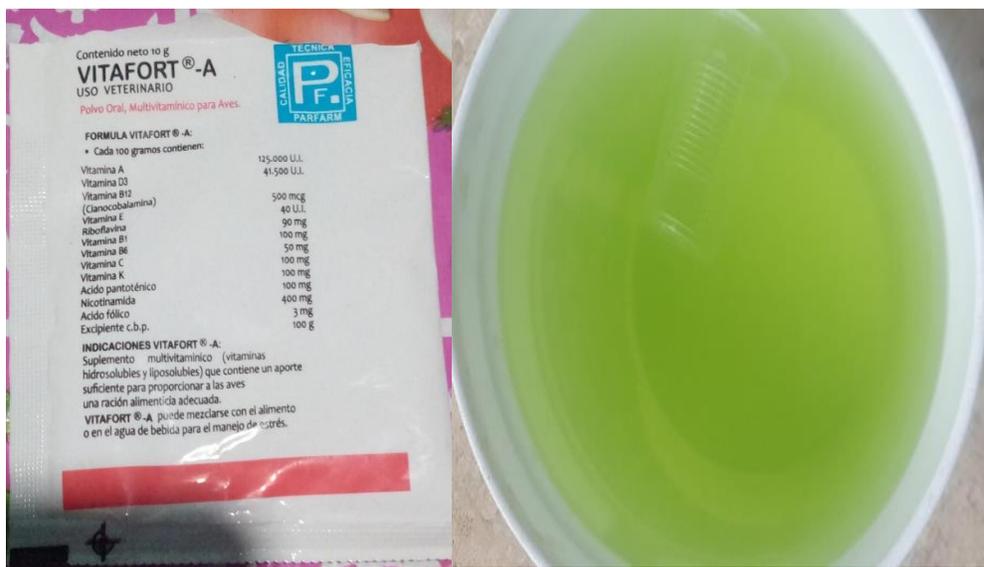
Se suministró agua para permitir un consumo *ad libitum*, durante los primeros cinco días se les proporcionó antibiótico vitaminado (Ru Vi Otic) con una relación de 12.5 g en 20 litros de agua. A partir del día seis y hasta el día dieciséis se administraron vitaminas (Vitafort A) con una relación de 40 g en 20 litros de agua, a partir del día diecisiete y hasta el día 49 que fue el término del experimento se les proporcionó agua limpia.

Figura 23. Antibiótico vitaminado y preparación del antibiótico



Fuente propia

Figura 24. Vitaminas y preparación de las vitaminas



Fuente propia

7.6 Alimentación

Se utilizó alimento comercial de la marca Unión Tepexpan para cada etapa: pollo-inicia, pollo-crece y pollo-finaliza.

El alimento se ofreció dos horas después de la llegada de los pollos, se pesó la cantidad indicada en la tabla y se multiplico por 4 pollos, adicionando un 15% para asegurar que comieran *ad libitum*, se ofreció en dos frecuencias 9:00 a.m. y 6:00 p.m.

Los pollos comieron alimento súper-inicia con un 22% de pc del día de recepción (2 días de vida) hasta el día 9, después se realizó la transición en 3 días con las siguientes proporciones 75%– 25%, 50% – 50%, 25% – 75%, del día 12 al 23 consumieron alimento de pollo-crece con 19% de pc, el día 19 inició la segunda transición con las proporciones antes mencionadas, a partir del día 23 los pollos comieron alimento pollo-finaliza con 17.5% pc hasta el día 49.

Cuadro 4. Análisis bromatológico del alimento para pollo de engorda en cada etapa fisiológica

| | Pollo-inicia (%) | Pollo-crece (%) | Pollo-finaliza (%) |
|----------------|------------------|-----------------|--------------------|
| Proteína cruda | 22 | 19 | 17.50 |
| Grasa cruda | 4 | 4 | 4 |
| Fibra cruda | 4 | 4.50 | 4.50 |
| Cenizas | 6 | 5.50 | 5.50 |
| Humedad | 12 | 12 | 12 |
| E.L.N | 52 | 55 | 56.50 |

Fuente (Tepexpan, 2020)

Cuadro 5. Requerimiento de alimento del pollo de engorda (g)

| Días | Gramos | Días | Gramos | Días | Gramos |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| 1 | 13 | 17 | 90 | 33 | 192 |
| 2 | 17 | 18 | 97 | 34 | 200 |
| 3 | 21 | 19 | 104 | 35 | 212 |
| 4 | 23 | 20 | 112 | 36 | 215 |
| 5 | 27 | 21 | 119 | 37 | 218 |
| 6 | 31 | 22 | 124 | 38 | 221 |
| 7 | 35 | 23 | 130 | 39 | 225 |
| 8 | 39 | 24 | 136 | 40 | 229 |
| 9 | 44 | 25 | 142 | 41 | 233 |
| 10 | 49 | 26 | 148 | 42 | 237 |
| 11 | 54 | 27 | 154 | 43 | 237 |
| 12 | 59 | 28 | 160 | 44 | 241 |
| 13 | 64 | 29 | 165 | 45 | 245 |
| 14 | 70 | 30 | 171 | 46 | 250 |
| 15 | 77 | 31 | 177 | 47 | 255 |
| 16 | 83 | 32 | 184 | 48 | 265 |

Fuente (Cobb500, 2020)

7.7 Consumo de alimento

La cantidad de alimento consumido está asociada con la tasa de productividad en aves de carne, el consumo máximo de alimento es uno de los factores más importantes para determinar la tasa de crecimiento y la eficiencia en la utilización de los nutrientes.

El consumo de alimento por día se obtuvo mediante una resta de alimento ofrecido en dos frecuencias a cada lote, 6:00 pm y 9:00 am menos alimento rechazado el cual se recogía del comedero a las 5:40 pm. Se pesaba y se registraba en la bitácora.

Para obtener el consumo de alimento por semana se obtuvo el promedio de consumo de los siete días, el consumo de alimento promedio por día, el cual se obtuvo del registro de alimento ofrecido, antes de dar la segunda frecuencia.

El consumo de alimento por día se estimó con la siguiente fórmula:

$$C.A = A.O - A.R$$

Donde:

C.A: Consumo de alimento

A.O: Alimento Ofrecido

A.R: Alimento Rechazado

El consumo promedio de alimento se estimó con la siguiente fórmula:

$$C.P.A = \frac{A.O - A.R}{No.A}$$

Donde:

C.P.A: Consumo promedio de alimento

A.O: Alimento ofrecido

R: Alimento rechazado

No. A: Número de animales

El consumo promedio semanal de alimento se estimó con la siguiente fórmula:

$$\dot{x}S = \frac{\Sigma \dot{x}CAD}{N.D}$$

Donde:

$\dot{x}S$: Promedio semanal

$\Sigma \dot{x} C.A.D$: Sumatoria del consumo de alimento diario

$N.D$: Número de días

7.8 Ganancia de peso

Fisiológicamente el aumento de peso consiste en la acumulación de proteína, grasa y agua en el tiempo. La masa proteica del animal crece en proporción al peso del animal, aún en condiciones variables de alimentación.

Se pesaron los pollos al inicio del experimento en una báscula gramarí con capacidad de 5 kg para registrar su peso de entrada, cada pollo se identificó con colores (verde, rojo, azul y blanco), los pollos se pesaron por semana para llevar un control hasta llegar a la semana 7 donde terminó el experimento y se registró su peso final.

El cálculo de ganancia de peso semanal se estimó mediante la siguiente fórmula.

$$\dot{x}GPS = \frac{\sum_{i=1}^{168} PP}{n}$$

Donde

$\dot{x}GPS$: Promedio de ganancia de peso semanal.

$\sum_{i=1}^{168} PP$: Sumatoria del peso de los 168 pollos

n : Número de pollos

7.9 Análisis de los resultados

Se obtuvo la información sobre el peso de entrada y salida de los pollos de engorda, 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, estas bases de datos se utilizaron para calcular la información del producto total (Q), producto medio (Pme) y producto marginal (Pmg).

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

El modelo fue el siguiente:

$$P = \beta_0 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + l$$

Donde:

P = variable dependiente: peso del pollo.

a = variable independiente: unidades de alimento utilizado.

β_i = coeficientes de regresión. Para $i = 0, 1, 2$;

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.

Nota: para la curva de crecimiento la variable independiente fue peso del pollo y la variable dependiente fueron semanas de vida, utilizando para su análisis el mismo diseño que anteriormente se describe.

VIII. RESULTADOS

8.1 Función de producción

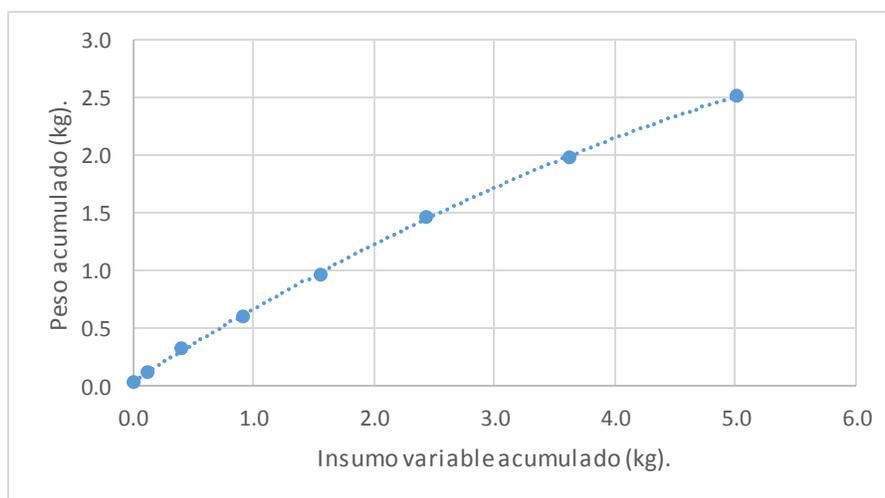
Los datos para obtener la curva de función de producción (Cuadro 6) fueron insumo variable acumulado y peso acumulado del experimento, también se observan las cantidades de insumo variable utilizado en las diferentes semanas de producción del pollo de engorda y los pesos correspondientes a estas semanas de vida.

Cuadro 6. Cantidad de insumo utilizado y de producto obtenido

| Edad (semanas) | Insumo variable (kg.) | Insumo variable acumulado (kg.) | Peso (kg.) | Peso acumulado (kg.) |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|------------|----------------------|
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.036 | 0.036 |
| 1 | 0.127 | 0.127 | 0.095 | 0.131 |
| 2 | 0.275 | 0.402 | 0.198 | 0.329 |
| 3 | 0.512 | 0.914 | 0.284 | 0.613 |
| 4 | 0.645 | 1.559 | 0.360 | 0.973 |
| 5 | 0.877 | 2.435 | 0.506 | 1.478 |
| 6 | 1.189 | 3.625 | 0.513 | 1.991 |
| 7 | 1.376 | 5.000 | 0.524 | 2.516 |

Fuente propia

Gráfica 8. Insumo variable acumulado y peso acumulado.



Fuente propia

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

La función obtenida fue:

$$Q = -0.0331a^2 + 0.6593a + 0.0463$$

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el peso del pollo de acuerdo a la cantidad de insumo variable (alimento).

Ejemplo a los 0.500 kg ¿Cuánto pesaran los pollos en promedio?

Según la ecuación:

$$Q = -0.0331a^2 + 0.6593a + 0.0463$$

$$Q = -0.0331(0.5000^2) + 0.6593(0.5000) + 0.0463$$

$$Q = -0.0331(0.2500) + 0.6593(0.5000) + 0.0463$$

$$Q = -0.0082 + 0.3296 + 0.0463$$

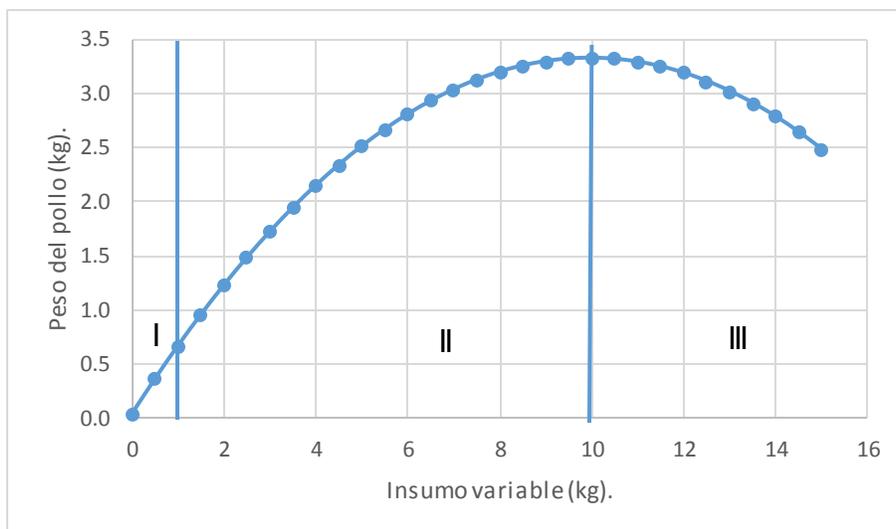
$$Q = 0.3677 \text{ kg}$$

Cuadro 7. Producto total, Producto medio y Producto físico marginal

| Insumo kg. | Cantidad Q | Producto medio Pme | Producto físico marginal Pmg |
|------------|------------|--------------------|------------------------------|
| 1 | 0.673 | 0.673 | 0.673 |
| 2 | 1.233 | 0.616 | 0.560 |
| 3 | 1.726 | 0.575 | 0.494 |
| 4 | 2.154 | 0.538 | 0.428 |
| 5 | 2.515 | 0.503 | 0.361 |
| 6 | 2.811 | 0.468 | 0.295 |
| 7 | 3.040 | 0.434 | 0.229 |
| 8 | 3.202 | 0.400 | 0.163 |
| 9 | 3.299 | 0.367 | 0.097 |
| 10 | 3.329 | 0.333 | 0.030 |
| 11 | 3.294 | 0.299 | -0.036 |
| 12 | 3.192 | 0.266 | -0.102 |
| 13 | 3.023 | 0.233 | -0.168 |
| 14 | 2.789 | 0.199 | -0.234 |
| 15 | 2.488 | 0.166 | -0.301 |

Fuente propia

Gráfica 9. Producto total por unidad de insumo

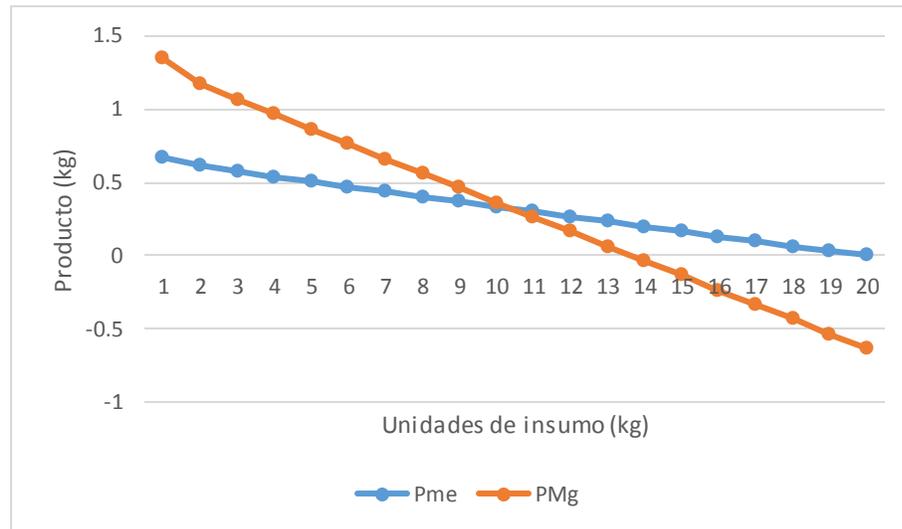


Fuente propia

El cuadro 7 se observa el peso obtenido estimado con la ecuación de la función de producción de acuerdo a diferentes cantidades de insumo variable, esta información se utilizó para obtener la curva de la función de producción. También se observa que a medida que el pollo va desarrollándose, las necesidades de insumo variable

para la obtención de 1 kg de peso se incrementan, llegando al punto de inflexión de la curva donde el producto marginal alcanza su nivel máximo, lo cual se logra cuando el pollo consume 1 kg de alimento (gráfica 10).

Gráfica 10. Producto medio y producto físico marginal por insumo



Fuente propia.

Como se observa en la gráfica 9 la etapa I se caracteriza por un incremento creciente, es decir que va desde el inicio del consumo de alimento hasta llegar al consumo de 1 kg.

La etapa II de la curva inicia con un rendimiento decreciente, esto se da a partir del consumo de 1 kg hasta alcanzar un consumo de 9.98 kg.

La etapa III de la curva inicia con un rendimiento negativo, esto es cuando el consumo de alimento supera los 9.98 kg.

Esto se precisó con los valores estadísticos del modelo de regresión polinomial de segundo orden, donde el peso del pollo fue la variable dependiente y el alimento fue la variable independiente.

La ecuación obtenida fue:

$$Q = -0.0331a^2 + 0.6593a + 0.0463$$

(-11.7780) (47.3722) (3.9613)

Los términos entre paréntesis de la ecuación estimada son las t_c individuales, la F del modelo fue de 8,318.9, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.9997 o 99.97%. Los errores estándar individuales fueron (0.002814), (0.013917) y (0.011680), con una probabilidad individual de (0.00007761), (0.00000007) y (0.01072804), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$). (Cuadro 8)

Cuadro 8. Análisis de varianza (ANDEVA) función de producción

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | | | | | 0.995672773 |
| Coeficiente de determinación R^2 | | | | | 0.991364271 |
| R^2 ajustado | | | | | 0.989924983 |
| Error típico | | | | | 0.091320315 |
| Observaciones | | | | | 8 |

| | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Promedio de los cuadrados | F | Valor crítico de F |
|-----------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------|--------------------|
| Regresión | 2 | 5.79237342 | 2.89618671 | 8,318.86579 | 0.000000001 |
| Residuos | 5 | 0.00174073 | 0.00034815 | | |
| Total | 7 | 5.79411416 | | | |

| | Coeficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad |
|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Intercepción | 0.0463 | 0.01168087 | 3.96138147 | 0.01072804 |
| Variable X 1 | 0.6593 | 0.01391707 | 47.3722931 | 0.00000007 |
| Variable X 2 | -0.0331 | 0.00281449 | -11.7780355 | 0.00007761 |

Fuente propia

Es evidente la existencia de auto correlación en el modelo econométrico, dada la naturaleza de observación de los datos en la función de producción. Es de creerse que el dato dos se comporta en función del dato uno y así sucesivamente. En los pollos, cuando éstos consumen una unidad de alimento más, su peso actual corresponde al anterior más la nueva ganancia de peso. Al hacer la prueba de hipótesis para auto correlación al 5% de significancia, acepta la hipótesis nula que indica ausencia de correlación entre las variables. Con esto, los cambios en la variable dependiente y los cambios en las independientes son del mismo orden de magnitud, luego entonces, no hay evidencia de heterocedasticidad. Con respecto a la multicolinealidad, un indicador de ésta es un R^2 alto con un estadístico f altamente significativo.

En esta investigación se cumple la primera condición, pero no la segunda, por lo tanto, no hay presencia de colinealidad. La presencia de una variable a^2 que podría generar problemas de colinealidad y su posible omisión en el modelo, no se realizó debido a que en el modelo teórico de la función de producción se vuelve condición necesaria y suficiente para generar la concavidad de la curva y con ello determinar la optimización del insumo variable.

De acuerdo con la teoría económica, el signo (negativo) que antecede al parámetro a^2 indica la presencia de una función de producción con rendimientos marginales decrecientes. Por tanto, la añadidura progresiva de los factores productivos conducen a incrementos cada vez menores en el peso del animal, hasta el punto a partir del cual éste empieza a decrecer. Así, en las condiciones planteadas, el término de intersección 0.0463 no posee un significado económico, es la parte del peso del pollo que el modelo no explica o bien se puede considerar el peso promedio de los pollos de entrada al experimento, sin consumo de alimento.

El coeficiente de la variable independiente a indica la relación marginal entre dicha variable y el peso del pollo; así, este coeficiente señala que cuando se mantienen

constantes los efectos de otras variables, cada incremento por 1 kg de alimento, hará que el peso (promedio) total de dichos animales aumente.

El cuadro 7 presenta los cálculos de Q, P_{me} y P_{mg}, por unidad de insumo variable. Q indica los kg que pesa el pollo según las unidades de insumo (alimento) que haya consumido.

El producto medio, definido como el cociente del producto total y el nivel de insumo, se incrementan gradualmente y alcanza su máximo en 1 kg de alimento, después declina paulatinamente. Por su parte, el P_{mg}, que es el cambio en el producto total por cada unidad de insumo variable añadida, tuvo un comportamiento similar al producto medio, alcanzando su nivel máximo en 1 kg.

La gráfica 9 presenta el comportamiento del producto total, observándose un incremento pequeño en las primeras unidades que corresponden a la etapa de inicio y crecimiento. En la etapa de finalización el aumento es mayor y se nota por qué la pendiente es mayor; su comportamiento se acentúa más en la fase de finalización que es cuando el pollo pesa entre 1.559 y 5.00 kg.

La pendiente declina paulatinamente en la etapa de finalización, es decir, cuando el pollo pesa 2.516 kg. La parte más alta de la curva de producto total no puede observarse, ya que si al pollo se le sigue alimentando seguirá aumentando su peso. Se presenta en la gráfica 10 el comportamiento del producto medio y del producto físico marginal, aquí se aprecia que el producto medio desciende rápidamente, lo cual puede observarse después de que el pollo consume 1 kg de alimento hasta que llega al consumo de 10 kg.

El producto medio alcanza el nivel más alto cuando el pollo consume 1 kg de insumo variable (alimento), después va disminuyendo progresivamente y la curva comienza a declinar, para terminar en 20 kg.

El punto donde se cruzan ambas curvas es cercano a 10 kg de insumo variable, es decir cuando el pollo está en la etapa de finalización y pesa 3.329 kg.

En la etapa I de la función de producción se caracteriza por una mayor velocidad de transformación del insumo variable en producto total. Además, el producto físico marginal se encuentra por arriba del producto medio.

En el punto donde termina la etapa II de la función de producción, donde es mayor la efectividad del insumo variable, es decir el producto físico marginal disminuye por debajo del producto medio.

El término de esta etapa no aparece en la gráfica, pues se da cuando el producto físico marginal es cero, es decir, al incrementar una unidad más del insumo alimento, el pollo se mantiene en el mismo peso.

Desde el punto de vista de la teoría microeconómica, la máxima utilidad para el avicultor se encuentra en la etapa II de la función de producción, lo que significa que no se deben vender los pollos con un peso menor que 3.040 kg.

Cuando el costo del insumo disminuye el óptimo económico aumenta y se desplaza hacia la derecha acercándose al óptimo técnico esto indica que se deben vender los pollos con pesos mayores, próximos al peso del óptimo técnico. Y si el costo del insumo (alimento) se incrementa el óptimo económico disminuye, desplazándose a la izquierda de la gráfica (ver gráfica 9), lo cual indica que se gana más vendiendo los pollos más ligeros.

Para estimar el comportamiento y conocer el límite de la etapa II, el máximo ingreso y luego el punto exacto donde se encuentra la máxima utilidad, se utilizarán derivadas.

Derivando parcialmente e igualando a cero para obtener el valor de a.

En el óptimo técnico no intervienen los precios ya que éste se producirá en el nivel de utilización del insumo que aporte el mayor volumen de producción por unidad. Una vez determinada la función, es posible indicar que la producción en un inicio tendrá un crecimiento rápido a medida que aumenta el suministro del insumo variable (alimento), se llegará a un punto en el que el peso de los pollos tenderá a decrecer a niveles no satisfactorios, en éste se obtendrá el máximo peso u óptimo técnico, matemáticamente se obtiene con la primera derivada de la función igual a cero, lo que esto significa que los pollos alcanzan un máximo peso (óptimo técnico) de 3.329 kg con un consumo de alimento de 9.98 kg.

$$Y = -.0331X^2 + 0.6593X + 0.0463$$

$$Q = -.0662a^2 + 0.6593a + 0.0463$$

$$0 = \frac{-.06621a^2 + 0.6593a}{a}$$

$$-.0662a + 0.6593 = 0$$

$$-.0662a = -0.6593$$

$$a = \frac{-0.6593}{-.0662}$$

$$a = 9.98$$

$$Q = -.0331a^2 + 0.6593a + 0.0463$$

$$Q = -.0331(9.98)^2 + 0.6593(9.98) + 0.0463$$

$$Q = -.0331(99.6004) + 0.6593(9.98) + 0.0463$$

$$Q = -3.2868 + 6.5798 + 0.0463$$

$$Q = 3.329$$

Para el óptimo económico la máxima producción no implica la máxima ganancia, por lo que debe producirse hasta donde el producto marginal (Pmg) del insumo variable se iguale a su costo marginal (Cmg); dado que los rendimientos son decrecientes), o lo que es lo mismo, cuando el valor de la derivada en ese punto sea igual a la relación de precios del insumo y del producto, lo que esto significa que para tener mayor ganancia económica es cuando el pollo pesa de 3.040 kg con un consumo de alimento de 7.02 kg.

$$.6593 - .0662a = \frac{8.75}{45}$$

$$.6593 - .0662a = .194$$

$$-.0662a = .194 - .6593$$

$$a = \frac{.194 - .6593}{-.0662}$$

$$a = \frac{.194 - .6593}{-.0662}$$

$$a = \frac{-4653}{-.0662}$$

$$a = 7.02$$

$$Q = -.0331a^2 + 0.6593a + 0.0463$$

$$Q = -.0331(7.02)^2 + 0.6593(7.02) + 0.0463$$

$$Q = -.0331(49.280) + 0.6593(7.02) + 0.0463$$

$$Q = -1.631 + 4.628 + 0.0463$$

$$Q = 2.997 + .0463$$

$$Q = 3.04$$

En el cuadro 9 se realiza una prueba utilizando la ecuación de regresión obtenida, con estimaciones del comportamiento para insumo variable de .250 kg a 6.25 kg. Obteniendo pesos de pollo de 0.209 kg a 3.116 kg. Se observa que si se adiciona una unidad más de insumo variable (alimento) después de 10 kg de insumo el producto físico marginal es negativo, identificándose con esto el inicio de la etapa III de la producción y simultáneamente la obtención del máximo ingreso u óptimo económico lo obtenemos 7.02 kg de insumo variable y un peso del pollo de 3.040 kg. Al ser negativo el producto físico marginal implica que el producto total (el peso del pollo) sería menor y el avicultor obtendría menor ingreso por la venta del animal.

Lo anterior coincide con el cálculo de la derivada hecho anteriormente.

Si se calcula el cociente entre el precio del insumo variable y el precio del producto (conocido como relación de precios: del insumo y del producto), y se busca en qué unidad de insumo variable se obtiene ese mismo valor dentro del producto físico marginal, se sabrá en qué momento se obtiene la máxima utilidad.

Esto es, \$ 8.75 precio el insumo variable (alimento) / \$ 45 precio del pollo = 0.1994, por lo que su valor dentro de las columnas del producto físico marginal es de 0.0510, que se ubica en la unidad de insumo 7.02 kg; similar en relación con lo que se señaló en el cálculo de la derivada correspondiente.

Cuadro 9. Estimación del producto total, producto físico marginal por unidades de insumo

| Insumo | Cantidad | Producto medio | Producto físico marginal | Insumo | Cantidad | Producto medio | Producto físico marginal |
|----------|----------|----------------|--------------------------|----------|----------|----------------|--------------------------|
| .250 kg. | Q | Pme | Pmg | .250 kg. | Q | Pme | Pmg |
| 0.25 | 0.209 | 0.836 | 0.209 | 6.50 | 2.933 | 0.4513 | 0.0593 |
| 0.50 | 0.368 | 0.735 | 0.159 | 6.75 | 2.988 | 0.4427 | 0.0552 |
| 0.75 | 0.522 | 0.696 | 0.154 | 7.00 | 3.040 | 0.4342 | 0.0510 |
| 1.00 | 0.673 | 0.673 | 0.150 | 7.25 | 3.086 | 0.4257 | 0.0469 |
| 1.25 | 0.819 | 0.655 | 0.146 | 7.50 | 3.129 | 0.4172 | 0.0428 |
| 1.50 | 0.961 | 0.641 | 0.142 | 7.75 | 3.168 | 0.4087 | 0.0386 |
| 1.75 | 1.099 | 0.628 | 0.138 | 8.00 | 3.202 | 0.4003 | 0.0345 |
| 2.00 | 1.233 | 0.616 | 0.134 | 8.25 | 3.233 | 0.3918 | 0.0304 |
| 2.25 | 1.362 | 0.605 | 0.130 | 8.50 | 3.259 | 0.3834 | 0.0262 |
| 2.50 | 1.488 | 0.595 | 0.126 | 8.75 | 3.281 | 0.3750 | 0.0221 |
| 2.75 | 1.609 | 0.585 | 0.121 | 9.00 | 3.299 | 0.3665 | 0.0179 |
| 3.00 | 1.726 | 0.575 | 0.117 | 9.25 | 3.313 | 0.3581 | 0.0138 |
| 3.25 | 1.839 | 0.566 | 0.113 | 9.50 | 3.322 | 0.3497 | 0.0097 |
| 3.50 | 1.948 | 0.557 | 0.109 | 9.75 | 3.328 | 0.3413 | 0.0055 |
| 3.75 | 2.053 | 0.548 | 0.105 | 10.00 | 3.329 | 0.3329 | 0.0014 |
| 4.00 | 2.154 | 0.538 | 0.101 | 10.25 | 3.327 | 0.3245 | -0.0027 |
| 4.25 | 2.250 | 0.530 | 0.097 | 10.50 | 3.320 | 0.3162 | -0.0069 |
| 4.50 | 2.343 | 0.521 | 0.092 | 10.75 | 3.309 | 0.3078 | -0.0110 |
| 4.75 | 2.431 | 0.512 | 0.088 | 11.00 | 3.294 | 0.2994 | -0.0152 |
| 5.00 | 2.515 | 0.503 | 0.084 | 11.25 | 3.274 | 0.2910 | -0.0193 |
| 5.25 | 2.595 | 0.494 | 0.080 | 11.50 | 3.251 | 0.2827 | -0.0234 |
| 5.50 | 2.671 | 0.486 | 0.076 | 11.75 | 3.223 | 0.2743 | -0.0276 |
| 5.75 | 2.743 | 0.477 | 0.072 | 12.00 | 3.192 | 0.2660 | -0.0317 |
| 6.00 | 2.811 | 0.468 | 0.068 | 12.25 | 3.156 | 0.2576 | -0.0358 |
| 6.25 | 2.874 | 0.460 | 0.063 | 12.50 | 3.116 | 0.2493 | -0.0400 |

Fuente propia

En base al cuadro 10 el productor puede saber el precio al que le conviene negociar con el comprador cuando el pollo tiene diferentes pesos; de esta forma los animales que pesan 1 kg tendría que venderse a un precio de \$ 107 pesos el kg, los que pesan 3 kg debe venderlos en un precio de \$ 52 pesos el kg, para tener la misma ganancia.

El equivalente en pesos por kg (\$/kg) se obtiene dividiendo el ingreso equivalente entre el peso de los pollos, de esta manera al vender los pollos de 1.73 kg a un

precio mayor que \$ 52 pesos el kg se tiene mejores utilidades que vendiendo pollos de 0.67 kg con un precio de \$ 107 pesos por kg.

Cuadro 10. Equivalencias de precios a diferentes escenarios de pesos de los pollos.

| Insumo (kg) | Peso (kg) | Precio equivalente |
|-------------|-----------|--------------------|
| 1.00 | 0.67 | \$107 |
| 2.00 | 1.23 | \$65 |
| 3.00 | 1.73 | \$52 |
| 4.00 | 2.15 | \$46 |
| 5.00 | 2.52 | \$43 |
| 6.00 | 2.81 | \$41 |
| 7.00 | 3.04 | \$41 |
| 8.00 | 3.20 | \$42 |
| 9.00 | 3.30 | \$43 |
| 10.00 | 3.33 | \$45 |

Fuente propia

8.2 Curva de crecimiento

Los datos para realizar la curva de crecimiento fueron las semanas de vida y los pesos semanales promedio de los 168 pollos del experimento.

Cuadro 11. Edad y peso de los pollos

| Edad (semanas) | Peso acumulado (kg.) |
|----------------|----------------------|
| 0 | 0.036 |
| 1 | 0.131 |
| 2 | 0.329 |
| 3 | 0.613 |
| 4 | 0.973 |
| 5 | 1.478 |
| 6 | 1.991 |
| 7 | 2.516 |

Fuente propia

La ecuación y la gráfica se obtuvieron mediante el análisis de los datos en la hoja de cálculo (Excel del office 365) y el SAS System For Windows 9.0 con el procedimiento Reg.

El método de generación de la ecuación fue una regresión polinómica de segundo orden ya que es la que más se ajusta, debido a que el crecimiento no es lineal, el pollo no aumenta siempre la misma cantidad de peso, pero si aumenta cada vez más conforme a su crecimiento. (Grafica 11).

La ecuación nos permite conocer el peso de los pollos a las diferentes semanas de edad.

La ecuación obtenida fue:

$$y = 0.0395x^2 + 0.0863x + 0.0152$$

(14.4316) (4.3375) (0.5058)

Los términos entre paréntesis de la ecuación estimada son las t_c individuales, la F del modelo fue de 2301.9, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.9989 o 99.89% esto indica que existe un alto grado de asociación entre las variables semanas de vida y el peso del pollo.

Los errores estándar individuales fueron (0.002735), (0.019914) y (0.029840), con una probabilidad individual de (0.000028), (0.007445) y (0.634475), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$). (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza (ANDEVA) curva de crecimiento.

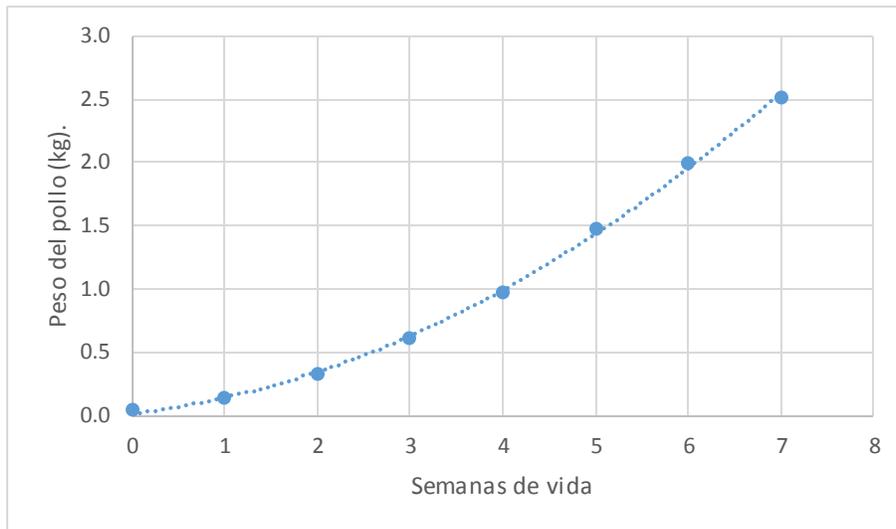
| <i>Estadísticas de la regresión</i> | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | | | | | 0.99945743 |
| Coeficiente de determinación R^2 | | | | | 0.99891515 |
| R^2 ajustado | | | | | 0.99848121 |
| Error típico | | | | | 0.03545631 |
| Observaciones | | | | | 8 |

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 2 | 5.78782841 | 2.8939142 | 2301.96 | 0.00000003 |
| Residuos | 5 | 0.00628575 | 0.0012571 | | |
| Total | 7 | 5.79411416 | | | |

| | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> |
|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Intercepción | 0.0151 | 0.02984093 | 0.50583889 | 0.634475912 |
| Variable X 1 | 0.0864 | 0.01991484 | 4.33759573 | 0.007445773 |
| Variable X 2 | 0.0395 | 0.00273551 | 14.4316173 | 0.0000288166 |

Fuente propia

Gráfica 11. Curva de crecimiento de los pollos



Fuente propia

Una vez obtenida la ecuación podemos aplicarla para conocer el peso de los pollos a diferentes semanas de edad.

Ejemplo a las 8 semanas ¿Cuánto pesaran los pollos en promedio?

De acuerdo la ecuación:

$$y = 0.0395x^2 + 0.0863x + 0.0152$$

$$y = 0.0152 + (0.0863 * edad) + (0.0395 * edad^2)$$

$$y = 0.0152 + (0.0863 * 8) + (0.0395 * 8^2)$$

$$y = 0.0152 + 0.6904 + 2.5280$$

$$y = 3.2336 \text{ kg}$$

Utilizando esta ecuación y tomando la edad del pollo por semana (x), obtenemos el peso (y) que se muestra en el cuadro 6, desde la primera semana hasta la semana 10.

Cuadro 13. Peso de los pollos por semana aplicando la ecuación

| Semanas | Peso del pollo $y = 0.0395x^2 + 0.0863x + 0.0152$ |
|---------|---------------------------------------------------|
| 0 | 0.0152 |
| 1 | 0.1410 |
| 2 | 0.3458 |
| 3 | 0.6296 |
| 4 | 0.9924 |
| 5 | 1.4342 |
| 6 | 1.9550 |
| 7 | 2.5548 |
| 8 | 3.2336 |
| 9 | 3.9914 |
| 10 | 4.8282 |

Fuente propia.

IX. CONCLUSIONES

Se pudo conocer la función de producción que nos permite predecir el peso del pollo a partir del insumo variable, el modelo resultó adecuado para explicar la relación existente entre las dos variables debido a que presentó un alto grado de significancia.

La máxima producción (óptimo técnico), se encuentra después del cruce de las curvas del producto medio y del producto físico marginal y cuando este último es cero; dicha situación ocurre cuando el pollo consume 9.98 kg de insumo variable (alimento) y pesa 3.329 kg. Después del punto de máxima producción, al asignar una unidad más de insumo alimento, el pollo ya no aumenta su peso.

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 los pollos tienen una menor conversión alimenticia y son 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 máxima ganancia del avicultor estaría en los intervalos anteriores, si y sólo si el comprador no disminuye el precio de compra de los pollos con peso mayor.

Con la ecuación de la curva de crecimiento se puede predecir el peso de los pollos a diferentes semanas de edad, ya que el crecimiento a lo largo de la vida de los animales se ha estudiado teniendo en cuenta la relación edad-peso, la presente ecuación tiene alta significancia y explica correctamente la respuesta biológica de los pollos de la línea Cobb 500.

X. DISCUSIÓN

La función de producción es una expresión matemática que muestra cómo los factores de producción se transforman en bienes y servicios, indicando las cantidades de recursos y productos involucrados, además de especificar la cantidad de producto que se obtiene con una combinación dada de factores de producción, obteniendo una ecuación como herramienta que permite conocer el comportamiento productivo de las distintas especies de interés zootécnico.

Así mismo no se han encontrado trabajos publicados que describan la función de producción en pollos de engorda, sin embargo existen diferentes trabajos realizados sobre función de producción que explican el comportamiento productivo de las especies de interés zootécnico.

Por ejemplo:

La Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, estado de México, donde la ecuación de regresión correspondiente a la etapa decreciente de la función de producción, usando un modelo polinomial cuadrático, donde el peso del cerdo fue la variable dependiente y el alimento la variable independiente, La ecuación obtenida fue: $Q = -11.6496 + 4.7243a - 0.0321a^2$, (-36.97), (324.03), (-209.59), los términos entre paréntesis de la ecuación estimada son las t_c individuales; la F del modelo fue 99 999, la bondad de ajuste (R^2) de 0.999 o 99.9 % La máxima utilidad se encuentra después del cruce de las curvas del producto medio y del producto marginal y cuando este último es cero; situación que ocurre entre la unidad 19 y 74 de insumo variable (alimento) y el cerdo pesa entre 66.79 y 162.17 kg. Después del punto de máxima producción, al asignar una unidad más de insumo alimento, el cerdo ya no aumenta su peso. Así, nunca debe vender los cerdos con un peso menor a 66.79 kg ni mayor a 162.17. Cuando el costo del insumo variable es bajo, en relación con el precio de venta del cerdo, la máxima ganancia se obtendrá vendiendo los animales muy pesados (nivel cercano a la

máxima producción); por el contrario, si el precio del insumo variable es alto, la máxima ganancia se obtendrá cuando el peso del cerdo sea próximo a 66.79 kg.

La máxima ganancia del porcicultor estaría en los intervalos anteriores, si y sólo si el comprador no disminuye el precio de compra de los animales con peso mayor en el rango de 95 a 115 kg.

Los óptimos económicos en corderos pelibuey engordados en corral, el análisis de los términos de error, o residuales, revela que todas las suposiciones asociadas con su distribución quedan satisfechas, de donde el procedimiento de regresión de cuadrados mínimos constituye una técnica válida para calcular los parámetros de tales funciones, las ecuaciones de regresión estimadas fueron: $P=2,404372095+0,663935089A-0,003089189A^2$, (6,063), (0,219), (0,0019) y $P=19,47093434+1,65728445SEM-0,02416576SEM^2$, (0,6169), (0,0513), (0,0008).

Los términos que aparecen entre paréntesis son los errores estándar de los coeficientes, la F calculada en los modelos uno y dos (61.43 y 127.05), el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.854$ y 0.544) permitió detectar que el 85.4 y 54.4% de la variación total en el peso de los corderos se explica a través del modelo de regresión y representa un nivel satisfactorio de explicación del modelo como un todo.

En los modelos de regresión uno y dos, al considerar 38.1 y 47.9 kg en los corderos, la ganancia neta obtenida fue 718.29 y 1,147.61 pesos. De manera similar, usando 37.6 y 47.88 kg las ganancias obtenidas fueron 728.99 y 1,148.13 pesos. Por tanto, la utilidad neta en el nivel del óptimo económico, en ambos casos, fue mayor que cuando se llega al máximo peso (o nivel del óptimo técnico) en corderos. La máxima producción no implica la obtención de la máxima ganancia. La utilidad neta obtenida usando el nivel de insumo variable que representa el nivel óptimo económico es mayor que la que se obtiene con el nivel óptimo técnico o de máxima producción.

XI. REFERENCIA

Aguirre, J. (2017). Microeconomía I. Obtenido de La teoría del productor: http://cies.org.pe/sites/default/files/cursos/files/nc3_ja.pdf 05/02/2020

Aviagen. (2021). Arbor Acres Plus. Obtenido de <http://es.aviagen.com/brands/arbor-acres/products/arbor-acres-plus> 08/04/2021

Aviagen. (2021). Roos 308.

Obtenido de Roos 308: <https://es.aviagen.com/brands/ross/products/ross-308> 08/04/2021

Avicultores, U. N. (2019). Situación de la Avicultura Mexicana.

Obtenido de Expectativas 2020:

<https://una.org.mx/industria/#:~:text=En%202019%20la%20avicultura%20mexicana,36.6%25%20en%20el%20PIB%20pecuario.&text=En%202019%20la%20parvada%20av%C3%ADcola,en%20534%20millones%20de%20aves.> 10/02/2020

aviNews, A. L. (2019). Industria avícola de México: Cifras de carne de pollo destacan mundialmente. Obtenido de Industria avícola de México: Cifras de carne de pollo destacan mundialmente: <https://avicultura.info/industria-avicola-de-mexico-cifras-de-carne-de-pollo-destacan-mundialmente/> 15/02/2021

CEDRSSA. (2019). La Importancia de la Industria Avícola en México. Obtenido de La Importancia de la Industria Avícola en México:

http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/47Industria_Avicola_M%C3%A9xico.pdf 25/03/2020

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y La Soberanía Alimentaria (2019). 25/03/2020

Cobb 500. (2020). Pollo de Engorde Cobb 500. Obtenido de Tabla de consumo de alimento pollos Cobb 500: <https://colaves.com/project/pollos-cobb-de-engorde/> 22/05/2021

Colaves. (2020). POLLOS COBB 500. Obtenido de Pollo de Engorde Cobb 500: <https://colaves.com/project/pollos-cobb-de-engorde/> 18/04/2021

CONAFAB. (2020). Anuario-CONAFAB 2020. Obtenido de La industria alimentaria de México 2020: <https://bmeditores.mx/wp-content/uploads/2020/08/Anuario-CONAFAB-2020.pdf> 25/05/2021

Cuevas, V., Loaiza, A., Astengo, H., Moreno, T., & Borja, M. (2018). Análisis de la función de producción de leche en el sistema bovinos doble propósito en Ahome, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 376-386. 15/03/2020

FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario. Obtenido de <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/Panorama-Agroalimentario-Carne-de-pollo-2019.pdf> 15/03/2020

García, F. (2004). Funciones de producción y programación. Obtenido de Funciones de producción y programación: <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/Asignaturas/Produccion/funcionesdeproduc.pdf> 15/03/2020

Genher. (2020). Hubbard Efficiency Plus. Obtenido de <https://genher.com.ar/news/hubbard-efficiency-plus/> 18/04/2021

Gujarati, D. (2010). *Econometría*. México, D. F: Mc Graw Hill. 18/04/2021

Hernández, P. (2016). Estimación de una función de producción de bovinos carne en sistema extensivo en el sur del estado de México. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65117/TESIS_Mtr%C3%ADa_Pedro_2016-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y 23/04/2020

Jácome, H. (2014). Razas de gallinas. Obtenido de Línea Arbor Acres: <https://es.slideshare.net/HernnJcomeVargas/razas-de-gallinas> 23/04/2020

Lanfranco Crespo, B., & Helguera Pereda, L. (2016). Óptimo técnico y económico: Diversificación, costos ocultos y los estímulos para mejorar los procesos en la ganadería nacional. INIA, 1-5. 23/04/2020

Lisandro, L. (Febrero de 2018). Incremento de peso en pollos de engorda adicionando probióticos disueltos en el agua como promotor de crecimiento. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43067/K%2065262%20L%C3%B3pez%20L%C3%A1scares%20Ohtokani%20Lisandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 23/04/2020

López, O. L. (2018). Incremento de peso en pollos de engorda adicionando probióticos disueltos en agua como promotores de crecimiento. Obtenido de Incremento de peso en pollos de engorda adicionando probióticos disueltos en agua como promotores de crecimiento: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43067/K%2065262%20L%C3%B3pez%20L%C3%A1scares%20Ohtokani%20Lisandro.pdf?sequence=1> 20/06/2020

Manrique, M., & Perdomo, O. (2020). Agrotendencia. Obtenido de Cría de pollos de engorda: https://agrotendencia.tv/agropedia/cria-de-pollos-de-engorde/#Tipos_de_explotaciones 20/06/2020

Martínez, J. (2018). Econosublime. Obtenido de La productividad marginal: <http://www.econosublime.com/2018/09/productividad-marginal.html> 10/02/2020

Mejía, T. (2017). Lifeder. Obtenido de Sistema Digestivo de las Aves: Partes y Funciones: <https://www.lifeder.com/sistema-digestivo-aves/> 22/03/2020

Mogro, S. C. (2017). Estimación de una función de producción y análisis de la productividad: el sector de innovación global en mercados locales. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592317300712> 28/03/2020

Morales, J. L., Rebollar, S., Hernández, J., & González, F. d. (2015). Determinación del óptimo técnico y económico en el cultivo de papa de temporal. *Paradigma económico*, 87-106. 02/05/2020

Morales, J. L., González, F. d., & Hernández, J. (2018). Función de producción de la ganadería de carne en la zona sur del Estado de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13. 12/03/2021

Pech Martínez, V., Santos Flores, J., & Montes Pérez, R. (2002). Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México*, 187-192. 12/03/2021

Pech, V., Santos, J., & Montes, R. (2002). Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México*, 187-192. 12/03/2021

Pech, V., Santos, J., & Montes, R. (2002). Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. 12/03/2021

Rebollar, S., Gómez, G., Callejas, N., Guzmán, E., & Hernández, J. (2014). Óptimos técnicos y económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México. *Agronomía Mesoamericana*, 161-168. 12/03/2021

Rebollar, S., Gómez, G., Hernández, J., & Rojo, R. (2007). Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 255-262. 12/03/2021

Rebollar, S., Hernández, J., Rojo, R., & Mejía, P. (2007). Óptimos económicos en corderos pelibuey engordados en corral. Universidad y Ciencias trópico húmedo, 1-2. 12/03/2021

Santoque, O. (2012). Factores de la producción. Obtenido de Factores de la producción: <https://es.slideshare.net/chajinom/factores-de-la-produccion> 12/04/2020

Tepexpan. (2020). Productores Agropecuarios Tepexpan. Obtenido de Programa de alimentación para pollo de engorda mixto: <http://www.tepexpan.com.mx/> 23/05/2021

Unknown. (2014). Razas de Gallinas y Líneas Genéticas. Obtenido de http://caicedo-jacome1.blogspot.com/2014/08/razas-y-lineas-geneticas-de-gallinas_58.html 17/03/2020

Vargas Biesuz, B. (2014). La Función de producción COBB - DOUGLAS. Instituto de Investigación de Ciencias Económicas y Financieras, Universidad La Salle. La Paz - Bolivia. 13/08/2020

Vázquez Mendoza, E. (2018). Fases de Alimentación en Pollos de Engorda. Obtenido de Fases de Alimentación en Pollos de Engorda: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45221/V%C3%A1zquez%20Mendoza%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 08/05/2020

Villegas Gutiérrez, J. (2016). Pollos de engorde y palma de aceite en Colombia. Obtenido de Pollos de engorde y palma de aceite en Colombia: <https://pt.slideshare.net/JuanVillegasGutierrez/pollos-de-engorde-y-palma-de-aceite-en-colombia/5> 23/04/21

XII. ANEXOS

Cuadro 14. Registro de pesos del pollo de engorda

| | 25/07/2020 | 31/07/2020 | 07/08/2020 | 14/08/2020 |
|----------|-----------------|------------|------------|------------|
| Corral 1 | Peso de entrada | Peso | Peso | Peso |
| Verde | 37 | 125 | 292 | 407 |
| Azul | 33 | 110 | 243 | 651 |
| Rojo | 34 | 138 | 350 | 569 |
| Blanco | 35 | 122 | 319 | 622 |
| Promedio | 34.75 | 123.75 | 301 | 562.25 |

Fuente propia

Cuadro 15. Registro de consumo de alimento

| 26/07/2020 | Corral 1 | Corral 2 | Corral 3 |
|--------------------|----------|----------|----------|
| Alimento ofrecido | 68 | 68 | 68 |
| Alimento rechazado | 19 | 18 | 38 |
| Alimento consumo | 49 | 50 | 30 |
| Consumo individual | 12.2 | 12.5 | 7.5 |

Fuente propia

Figura 25. Peso de entrada al experimento



Fuente propia

Figura 26. Peso a la semana 1



Fuente propia

Figura 27. Peso a la semana 2



Fuente propia

Figura 28. Peso a la semana 3



Fuente propia

Figura 29. Peso a la semana 4



Fuente propia

Figura 30. Peso a la semana 5



Fuente propia

Figura 31. Peso a la semana 6



Fuente propia

Figura 32. Peso a la semana 7



Fuente propia

Figura 33. Peso del pollo de 3 kg



Fuente propia