



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CON OPTICIÓN  
TERMINAL EN LAS ÁREAS: AGRICOLA, PECUARIA, FORESTAL, ACUICOLA Y  
AGRONEGOCIOS.**

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA ENGORDA DE  
PAVOS EN UN ESTUDIO DE CASO DEL MUNICIPIO DE CUITZEO MICHOACÁN.**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
CON OPCIÓN TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA.**

**PRESENTA:**

**ING. ALEJANDRO FROYLAN LAZARO**

**DIRECTOR:**

**DR. JUAN PABLO FLORES PADILLA**

**Tarimbaro Michoacán, Diciembre 2024.**

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	2 -
1.1 ANTECEDENTES. ....	4 -
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN. ....	6 -
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	7 -
1.4 OBJETIVO GENERAL. ....	7 -
1.4.1 Objetivos específicos.....	7 -
2. MARCO TEÓRICO. ....	8 -
2.1 Teoría de la empresa. ....	8 -
2.1.1 Función de producción.....	8 -
2.1.2 Ley de los rendimientos decrecientes.....	9 -
2.1.3 Etapas de producción. ....	9 -
Figura 1. Producción total, media y marginal (García, 2004). ....	10 -
Figura 2. Producción físico media y marginal (García, 2004).....	10 -
2.1.4 Costos de producción. ....	11 -
2.1.5 El “corto plazo” y “largo plazo” en la función de producción. ....	11 -
2.1.6 La función de costos en el corto plazo. ....	12 -
2.2 Teoría de la regresión. ....	13 -
2.2.1 Análisis de regresión. ....	13 -
2.2.2 El método de mínimos cuadrados. ....	13 -
2.3 Programación lineal.....	17 -
2.3.1 Simulación computacional. ....	17 -
2.3.2 Algoritmo de gradiente reducido ( <i>GRG</i> no-lineal). ....	18 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS. ....	19 -
3.1 Población objetivo. ....	19 -
3.2 Etapa 1: Análisis del óptimo técnico y económico.....	19 -
3.2.1 Análisis de los datos.....	19 -
3.2.2 Modelo matemático para la función de producción en la engorda de pavos. --	20 -
3.2.3 Análisis de regresión. ....	20 -
3.2.4 Análisis de optimización para determinar el óptimo técnico y económico. -	21 -
3.3 Etapa 2: Diagnostico del grupo. ....	21 -
3.3.1 Registro de información. ....	21 -
4. RESULTADOS. ....	23 -
4.1 Etapa 1 del trabajo: Análisis de optimización para determinar el óptimo técnico y económico.....	23 -
4.1.1 Nivel Óptimo Técnico (OT).....	25 -

4.1.2 Nivel Óptimo Económico (OE). -----	27 -
4.2 Etapa 1 del trabajo: Diagnostico del comportamiento productivo y comercial del grupo. -----	31 -
4.2.1 Datos generales del productor de engorda de pavos. -----	31 -
4.2.2 Datos sobre las técnicas de alimentación empleadas. -----	32 -
4.2.3 Datos sobre los costos de producción en la engorda de pavos. -----	32 -
4.2.4 Datos sobre el mercado y la comercialización del producto. -----	33 -
5. CONCLUSIONES. -----	34 -
6. BIBLIOGRAFIA. -----	35 -
7. ANEXOS. -----	39 -

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de producción en engorda de pavos.....	24
Tabla 2. Costos e Ingresos de la engorda de pavos.....	27
Tabla 3. Registro de ganancia de peso en engorda de pavos.....	39
Tabla 4. Registro de consumo de alimento de los pavos durante el ciclo de engorda.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción total, media y marginal.....	10
Figura 2. Producción físico media y marginal.....	10
Figura 3. Ganancia de peso (kg) en engorda de pavos.....	25
Figura 4. Producto físico medio.....	25
Figura 5. Relación entre producto físico medio y marginal.....	26
Figura 6. Ingreso marginal y valor marginal del alimento.....	28
Figura 7. Relación entre ingreso marginal y valor marginal.....	29
Figura 8. Relación geométrica entre producto físico, producto físico medio y producto físico marginal.....	30
Figura 9. Comportamiento de ganancia de peso de los pavos durante el ciclo de engorda.....	39
Figura 10. Comportamiento del consumo de alimento durante el ciclo de engorda de pavos.....	40

## **RESUMEN.**

El objetivo del presente trabajo fue determinar los niveles de óptimos técnicos y económicos de la engorda de pavos en un estudio de caso del municipio de Cuitzeo Michoacán. El caso de estudio de interés fue una organización de productores denominada “Grupo Lirio de Cuitzeo”, el trabajo se dividió en dos etapas. En la primera se realizó un análisis económico para medir la productividad del sistema bajo los principios de la Teoría Económica, para lo cual se determinaron los niveles óptimo técnico y económico en engorda de pavos utilizando el modelo de Solver empleando el algoritmo GRG no-lineal. Bajo los principios de microeconomía y de la Ley de rendimientos marginales decrecientes, los resultados de la simulación del análisis en el ciclo de engorda muestran que el nivel óptimo técnico se obtiene en la semana 10, una ganancia de peso vivo de 5.48 kg, el consumo de alimento 2.38 kg y un ingreso neto \$396.4. El nivel óptimo económico o de máximo beneficio se alcanza en la semana 13 con una ganancia de peso vivo 6.1 kg y un ingreso neto de \$ 440.4. Mientras que para la segunda etapa se diagnosticó el estado actual, las capacidades de producción y comercialización en la organización de productores con la ayuda de un cuestionario, con el objetivo de obtener información importante que permita incrementar la productividad del sistema. El trabajo en el estudio de caso muestra la validez de la herramienta SOLVER para resolver modelos de optimización, orientados a servir como un instrumento de apoyo en la toma de decisiones, los cuales permitirán incrementar la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción pecuarios.

**Palabras Clave:** Óptimo Técnico, Óptimo Económico, Engorda, Simulación, Optimización

## **ABSTRACT.**

The objective of this work was to determine the optimum technical and economic levels of turkey fattening in a case study of the municipality of Cuitzeo Michoacán. The case study of interest was a producer organization called "Grupo Lirio de Cuitzeo" , the work was divided into two stages. In the first, an economic analysis was carried out to measure the productivity of the system under the principles of Economic Theory, for which the optimum technical and economic levels in turkey fattening were determined using the Solver model employing the non-linear GRG algorithm. Under the principles of microeconomics and the Law of diminishing marginal returns, the results of the simulation of the analysis in the fattening cycle show that the optimum technical level is obtained in week 10, a live weight gain of 5.48 kg, feed consumption of 2.38 kg and a net income of \$396.4. The economic optimum or maximum profit level is reached in week 13 with a live weight gain of 6.1 kg and a net income of \$440.4. While for the second stage, the current state, production and marketing capacities in the producer organization were diagnosed with the help of a questionnaire, with the objective of obtaining important information that allows increasing the productivity of the system. The work in the case study shows the validity of the SOLVER tool to solve optimization models, aimed at serving as a support instrument in decision making, which will allow increasing productivity and profitability of livestock production systems.

**Keywords:** Technical Optimum, Economic Optimum, Fattening, Simulation, Optimization

## 1. INTRODUCCIÓN.

La industria pecuaria enfrenta en el corto plazo un importante reto provocado por el constante crecimiento demográfico, esto tendrá como consecuencia un incremento en la producción de insumos destinados al sector pecuario y así buscar incrementar la producción. Esto requerirá la optimización de los recursos utilizados en el sector pecuario, lo cual es posible mediante el análisis de funciones de producción (dentro de la teoría de la producción), y así generar estrategias que permitan impulsar la productividad de los sistemas pecuarios principalmente en las zonas rurales del país (Rebollar *et al.*, 2008).

El elevado precio de la carne de res y pollo han beneficiado a la industria del pavo y los consumidores lo han visto como opción de consumo, (González, 2014). Sin embargo, las unidades meleagricolas de traspatio en México a diferencia de las tecnificadas, presentan problemas técnico- productivos, económicos y comerciales que no le permiten crear un ambiente adecuado donde los pavos logren la ganancia de peso vivo deseable en el periodo de engorda (Rodríguez *et al*, 2015).

Lo anterior muestra porque México solo es capaz de producir la demanda de la temporada navideña, debido a la falta de supervisión por parte de la Secretaria de Economía en la importación de producto, que es principalmente de Estados Unidos y Chile, la producción nacional está sujeta a cubrir solo un poco más de la mitad de la demanda (Alltech, 2017).

En este trabajo se abordara un estudio de caso de la organización de productores “Grupo Lirio de Cuitzeo”, el grupo realiza la engorda de pavos bajo un sistema de producción semi-tecnificado. Se realizó un análisis económico para determinar los niveles optimo técnico-económicos de la engorda de pavos, lo cual permitirá incrementar la eficiencia productiva de la organización y también servirá de apoyo para responder de mejor manera a las necesidades del mercado.

La estructura del trabajo está orientada para brindar una visión que permita mostrar la integración multidisciplinaria que permitió abordar el análisis del estudio de caso de interés. Cabe mencionar que del presente se generaron dos trabajos diferentes, esto por el enfoque que define el objetivo que persigue cada trabajo.

## 1.1 ANTECEDENTES.

La avicultura rural contribuye a mejorar la seguridad alimentaria en muchos países en desarrollo, generando ingresos para los agricultores de escasos recursos, principalmente a las mujeres. Esta actividad utiliza eficientemente los recursos locales, requiere pocos insumos y genera importantes contribuciones económicas, religiosas, sociales y culturales al mejorar las condiciones de vida de los hogares campesinos (FAO, 2005).

La crianza de pavo o guajolote (meleagricultura), es una actividad de traspatio característica de los poblados pequeños y medianos de México, siendo un importante apoyo económico y alimenticio para estas poblaciones, considerándose también como un recurso genético pecuario de México (López, 2008; Medrano 2000).

El pavo es un alimento cien por ciento nacional, y una de las principales aportaciones que ha hecho México al mundo, ya que antes de la llegada de los españoles a nuestro país, los aztecas y otras poblaciones autóctonas ya habían domesticado al guajolote (SAGARPA, 2014).

México ocupó el lugar 21 a nivel mundial en producción de carne de pavo con 15,000 toneladas, aportando solo el 0.4 % del volumen mundial, mientras que a nivel nacional las principales entidades productoras son Yucatán con 3,600 ton lo que representa el 24% de la producción en el país, Chihuahua con 3,150 ton (21%), Puebla con 2,100 ton (14%), Estado de México con 1,950 ton (12.9%), Veracruz con 1,050 ton (7%), lo que representa el 79 % de la producción nacional (SAGARPA, 2016).

En México el 80% de la carne de pavo se consume entero, el 20% restantes destinado a productos con valor agregado. De acuerdo con los productores de pavo, en México el 90% del consumo de pavo se presenta en época navideña, y de este el 60% se comercializa crudo y el 30% restante ahumado. El consumo per cápita de pavo en

México es bajo ya que solamente llega a 1.5kg en relación a otros países como Estados Unidos con 7.6 kg y Canadá con 4.7 kg (UNA, 2014).

La Unión Nacional de Avicultores reportó que en el 2016 se comercializaron 2.8 millones de pavos en el país, de estos, un millón 147 mil provienen del interior del país, lo que indica que solo el 41% de estos son producidos en el país y el 59% restante se importa principalmente de los Estados Unidos de América, (UNA, 2016).

El uso de funciones de producción en el sector pecuario nacional ha sido de gran importancia, ya que de este análisis se generan estrategias para optimizar los insumos utilizados en el sector pecuario. Generando también recomendaciones técnicas y económicas para los productores, y así tener un mejor uso de los recursos en los procesos productivos (Espinosa, 2001; Rebollar *et al.* 2011).

Para evaluar los niveles óptimos técnicos y económicos, se han realizado trabajos en corderos pelibuey engordados en corral en el Estado de México, Rebollar *et al.* (2008a) estimaron funciones de producción cuadráticas a través de modelos de regresión no lineales. Rebollar *et al.* (2011) evaluaron dos funciones de producción cúbicas con rendimientos marginales decrecientes para determinar los óptimos en engorda de 100 novillos *Bos Taurus* y *Bos indicus* con peso vivo inicial de  $290 \pm 15$  kg, de 21 a 24 meses de edad, la engorda tuvo un periodo de 93 días y se realizó al sur del Estado de México. En ambos trabajos se consideraron como variable dependiente la ganancia de peso y como variables independientes el consumo de alimento y el tiempo del periodo de engorda.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO.**

Los productores del grupo al igual que todas las organizaciones del sector agropecuario se enfrentan a diversos obstáculos, los retos para la organización en estudio son establecerse dentro de un mercado que tiene un comportamiento estacional, además de una fuerte competencia proveniente del extranjero que aporta más de la mitad del producto que consume el país. Por eso es importante generar alternativas de producción que nos ayuden a mejorar la eficiencia de los sistemas de producción pecuarios, mejor administración de recursos disponibles y que permitan responder a la demanda del producto en tiempo y forma.

Por tal motivo, se refleja la necesidad de evaluar los óptimos técnico-económicos del ciclo de engorda de pavos. Utilizando el algoritmo de gradiente reducido (no-lineal), el cual permite optimizar la respuesta en los componentes y variables de interés. Esto permitirá conocer el comportamiento de la explotación bajo los supuestos considerados, por consiguiente se podrá realizar ajustes en la producción para atender las necesidades del mercado de la mejor manera posible.

### **1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

¿Es posible determinar los óptimos técnico y económicos en la engorda de pavos realizando la optimización empleando el algoritmo *GRS no-lineal*?

### **1.4 OBJETIVO GENERAL.**

Determinar los niveles de óptimos técnicos y económicos de la engorda de pavos en un estudio de caso del municipio de Cuitzeo Michoacán.

#### **1.4.1 Objetivos específicos.**

- Determinar el óptimo técnico y económico en la engorda de pavos utilizando el modelo *Solver* empleando el algoritmo *GRS no-lineal*.
- Diagnosticar las capacidades de producción y comercialización del grupo “Lirio de Cuitzeo”.

## **2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Teoría de la empresa.**

La teoría de la empresa es muy importante en el estudio de la economía a pequeña escala, esta analiza la conducta del productor y las decisiones de la oferta y demanda de un producto.

Las empresas son unidades técnicas y económicas, dedicadas a la conversión de recursos o factores productivos en bienes y servicios, con la ayuda de tecnología (Montilla, 2007).

En este contexto, la administración de empresas agropecuarias se define como un proceso de toma de decisiones, por medio del cual escasos recursos se distribuyen en cierto número de alternativas, con el propósito de organizar, dirigir y controlar el negocio en tal forma que se logren los objetivos buscados (Guerra, 1992).

Por su parte, la empresa ganadera es negocio orientado a la crianza de animales con el fin de obtener carne, leche o productos derivados destinados al mercado, utilizando servicios y recursos para la dicha producción; siendo así, una forma de control y de tomar decisiones en la producción animal (García, 2004).

#### **2.1.1 Función de producción.**

La función de producción describe matemáticamente la relación al combinar una determinada cantidad de factores, con el objetivo de generar la cantidad máxima de producto posible (Bishop, 1975; García, 2000; Pindyck 1998). Las características de los recursos empleados en dicha producción determina el volumen de productos obtenido de dicha combinación (Bishop, 1975).

### 2.1.2 Ley de los rendimientos decrecientes.

Esta ley señala que al incorporar porciones sucesivas de algún insumo manteniéndose constantes los demás, después de determinado nivel se obtienen cantidades de producto cada vez menores por unidad de insumo añadido (Bishop, 1975 y García, 2000). Es decir, la unidad extra (producto marginal) de un insumo variable va disminuyendo cuando llega a cierto punto, al aumentar la cantidad utilizada de insumo manteniendo todos los demás constantes (Samuelson, 2002).

### 2.1.3 Etapas de producción.

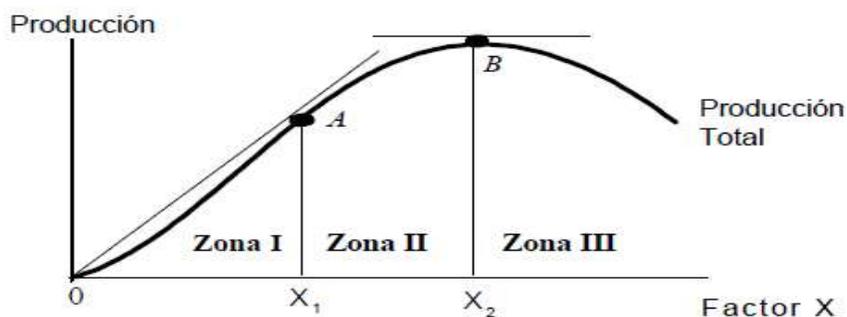
La producción se organiza en tres etapas o zonas diferenciadas desde un enfoque racional o irracional en el proceso de toma de decisiones, estas etapas están relacionadas con producto físico marginal (*PFMa*), producto físico medio (*PFM*) y producto físico total (*PFT*) (García, 2000).

De acuerdo a (Maddala, 1995); (Bishop, 1975) y (García, 2000), las zonas de producción son las siguientes:

**Zona I (rendimientos crecientes):** en este segmento del proceso, la obtención de producto aumenta significativamente a diferencia que el consumo de insumo utilizado. Esta zona abarca hasta la cantidad de insumo del que se logra el máximo producto medio, en este punto se obtiene la unión (**punto A**) de la curva que describe el comportamiento del producto físico marginal (*PFMa*) y el producto físico medio (*PFM*). De tal manera, al agregar una unidad más de insumo, se podrá elevar la productividad promedio en todas las unidades del sistema de producción (ver Figura 1).

**Figura 1.**

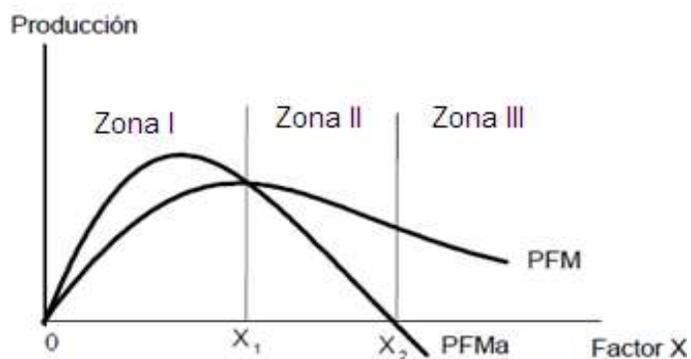
*Producción total, media y marginal (García, 2004).*



**Zona II o de rendimientos decrecientes:** este abarca un intervalo que va desde un PFM máximo hasta un PFMa nulo que va desde X<sub>1</sub> a X<sub>2</sub> (ver figura 2), en el punto donde el PFMa es 0 el producto físico total alcanza su más alto nivel de producción, en este intervalo el PFT crece pero a menor velocidad, se utiliza mayor cantidad de insumo para obtener una unidad de producto. Esta zona es económicamente significativa, ya que en esta etapa los productores deben operar cuando desean maximizar sus ingresos.

**Figura 2.**

*Producción físico media y marginal (García, 2004).*



**Zona III o de rendimientos negativos:** Aquí el producto ya no aumenta al aportar unidades de insumo en el proceso, comenzando a tener rendimientos negativos (ver figura 1). En consecuencia, en esta etapa el producto marginal (producto obtenido por unidad adicional de insumo), tiene valores negativos. Para el productor no es conveniente seguir el proceso de producción, de lo contrario se considera irracionalidad técnica de administración de insumos, independientemente de los precios del producto y del insumo.

#### **2.1.4 Costos de producción.**

En la empresa pecuaria se debe contar con información de calidad y actualiza para conocer el valor monetario de aquellos insumos utilizados en la producción (García, 2004). El ingreso total monetario de una empresa está sujeta a la relación entre costos de producción e ingreso total alcanzado, esto se debe tomar en cuenta cuando se busca alcanzar la máxima producción para generar ganancias económicas y productivas de forma eficiente (Morales, 2008).

El costo de producción refleja en valor monetario del uso de insumos y servicios productivos, siendo las características de la función de producción lo que determina los costos de producción (Zúñiga, 2011).

#### **2.1.5 El “corto plazo” y “largo plazo” en la función de producción.**

El corto plazo es un lapso muy breve donde la empresa no puede modificar las cantidades de algunos de los insumos utilizados. El largo plazo permite al productor variar la cantidad de todos los insumos empleados por unidad de tiempo. En el largo plazo la empresa puede modificar su tamaño o llevar a cabo un uso más o menos intensivo de las instalaciones para cambiar la producción. En el largo plazo todos los recursos son variables (Pindyck, 1998).

### **2.1.6 La función de costos en corto plazo.**

Guerra (1992), menciona que de acuerdo con la teoría económica los costos se estudian desde dos enfoques diferentes: Costos totales y costos unitarios.

De esta manera, en costos totales el análisis de producción dentro del corto plazo se identifican tres conceptos: Costo fijo total, costo variable total y costo total.

*Costo fijo total.* Es aquel donde la empresa incide con independencia de la cantidad de producción en un periodo establecido. Se expresa como la obligación que adquiere la empresa, por unidad de tiempo, por los recursos fijos. Los costos fijos totales son independientes del nivel de producción por unidad de tiempo, esto porque dentro del corto plazo la empresa no es capaz de modificar los recursos utilizados.

*Costo variable total.* Es el que resulta de añadir insumos variables y que originan aumentos en la producción. En el caso de la ganadería, algunos costos variables son maquinaria, mano de obra, alimentos.

*Costo total.* En una empresa a varios niveles de producción estos equivalen a la suma de los costos fijos totales más los costos variables totales correspondientes a esas producciones.

Los costos unitarios se derivan de los costos totales y requieren la misma información, facilitan la interpretación más clara del comportamiento de los precios y de la producción. Los costos unitarios son: costo fijo promedio (CFP), costo variable promedio (CVP), costo promedio total (CPT) y costo marginal (CM).

*Costo fijo promedio.* Se obtiene dividiendo los costos fijos totales por el producto total logrado a un nivel de producción dado.

*Costo variable promedio.* Estos se obtienen dividiendo los costos variables totales por el correspondiente nivel de producción.

*Costo promedio total.* Son los costos promedios totales para un determinado nivel de producción. Pueden obtenerse mediante la suma de los costos fijos promedios (CFP) y los costos variables promedio (CVP).

*Costo marginal.* Se define también como el aumento en el costo total necesario para incrementar el producto en una unidad. Es el aumento en el costo variable total al obtener una unidad más de producción. Esto se debe a que al incrementar la producción se aumentan los costos variables y los costos totales, exactamente en las mismas cantidades (pp. 177-178).

## **2.2 Teoría de la regresión.**

### **2.2.1 Análisis de regresión.**

Este análisis engloba a un conjunto de métodos estadísticos que usamos cuando tanto la variable de respuesta como la(s) variable(s) predictiva(s) son continuas y queremos predecir valores de la primera en función de valores observados de las segundas. En esencia, este consiste en ajustar un modelo a los datos, estimando coeficientes a partir de las observaciones, con el fin de predecir valores de la variable de respuesta a partir de una (regresión simple) o más variables (regresión múltiple) predictivas o explicativas (Vinuesa, 2016).

### **2.2.2 El método de mínimos cuadrados.**

Este método garantiza encontrar el valor de máxima verosimilitud de los parámetros del modelo lineal para un conjunto de datos, al minimizar la magnitud de la diferencia entre los puntos y la recta (Vinuesa, 2016).

De acuerdo con Gujarati (2004): “este método de estimación se fundamenta en una serie de supuestos, los que hacen posible que los estimadores poblacionales que se obtienen a partir de una muestra, adquieran propiedades que permitan señalar que los estimadores obtenidos sean los mejores” (p. 55).

Gujarati (2004) plantea que los supuestos del método de mínimos cuadrados son los siguientes:

**Linealidad.**

La variable respuesta depende linealmente de los regresores.

El modelo de regresión es lineal en los parámetros.

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + u_i$$

Esto se refiere a que los  $\beta$ 's son elevados solamente a la primera potencia.

**Esperanza nula.**

El valor medio de la perturbación  $u_i$  es cero. Dado el valor de  $X_i$  el valor esperado del término aleatorio de perturbación  $u_i$  es cero. Técnicamente, el valor de la media condicional también es cero.

$$E(u_i) = 0$$

Cada población de Y corresponde a un X dado, está distribuida alrededor de los valores de su media a con algunos valores de Y por encima y otros por debajo de esta. Las distancias por encima y por debajo de los valores medios son los errores, y la ecuación antes señalada requiere que en promedio estos valores sean cero.

**Homocedasticidad.**

La varianza de las perturbaciones es constante en todas las observaciones, por tanto la variabilidad alrededor del valor esperado de la variable respuesta, para cada posible combinación de valores independientes es la misma.

El riesgo esperado de predecir el valor de la dependiente conociendo todas las independientes es el mismo y se mantiene constante para todas las observaciones.

$$\text{Var}(\epsilon_t) = \sigma^2 \quad \forall t$$

### **Independencia.**

Las observaciones son todas independientes. Ninguna da información sobre el resto. En consecuencia, toda la información que se tiene sobre la variable respuesta está en los regresores, pues las perturbaciones son totalmente imprevisibles, en cada observación.

$$E(\epsilon_t \epsilon_s) = 0 \quad \forall t \neq s$$

### **Normalidad.**

Las perturbaciones siguen todas leyes normales. Nos indica que el valor más probable es el valor esperado y la probabilidad irá disminuyendo a medida que nos alejamos del valor promedio, de forma simétrica.

Cuando mayor sea el error menor probabilidad de ocurrir tiene. Esto nos permite hacer inferencias sobre la estimación del modelo.

### **Exogeneidad.**

Los regresores son fijos o son exógenos al modelo. Inicialmente supondremos que son determinísticos. Como consecuencia las variables independientes no están

correladas con las perturbaciones y podemos considerarlas como si fueran fijas en muestras repetidas.

Las variables no introducidas en el modelo no afectan a los factores independientes.

**No colinealidad.**

No existe dependencia lineal entre los regresores. En realidad la suposición incluye aún más, pues exige, no sólo que no exista dependencia lineal exacta entre los regresores, sino que esta no sea ni siquiera aproximada.

La información suministrada por cada variable independiente no está contenida en el resto de las variables independientes.

**Mensurabilidad.**

Las variables independientes se miden sin error. De esa forma se asegura que los errores de medición no afectan al modelo, y todo el error está concentrado en las variables no utilizadas para predecir la dependiente.

**Estabilidad.**

Los parámetros no varían al considerar las distintas observaciones. Esta suposición exige que el modelo permanezca inalterable para todo el periodo muestral.

De esta forma aseguramos que el modelo sea válido y que su comportamiento sea similar para todas las observaciones.

**Identificabilidad.**

De acuerdo con el método de estimación fijado, existen estimadores únicos de los parámetros, para la muestra observada. Nos asegura que los estimadores sean únicos y así cuando los calculemos no tenemos que decidir entre varias alternativas sin justificación científica.

En el caso del modelo lineal se concreta en que el número de parámetros del modelo sea menor que el de observaciones.

### **2.3 Programación lineal.**

Para Yang (1960), “la programación lineal es un método sistemático que determina matemáticamente medios de acción para obtener resultados óptimos. Es un técnica de planificación que maximiza o minimiza una función objetivo, cumpliendo con varias restricciones o limitaciones impuestas a las soluciones potenciales” (p. 243).

“La programación lineal puede definirse como una técnica matemática que determina la mejor asignación de los recursos limitados optimizando (maximizando o minimizando) un objetivo” (García, 2004, p. 10).

“Este tipo de análisis es muy útil para encontrar el costo mínimo de producción de un producto dado, la distribución de recursos entre varias alternativas, el nivel óptimo en el uso de un insumo y el uso óptimo de recursos a los largo del tiempo” (Guerra, 1992, p. 110).

#### **2.3.1 Simulación computacional.**

Según Guerra (1992), “la simulación es un funcionamiento de prueba del problema y observar en el proceso el efecto de las variables sobre el resultado final. Se establece un modelo basado en datos empíricos poniéndose a prueba en contacto la realidad”(p.115).

El modelo en la simulación es una representación cuantitativa de las características de la conducta, de las interacciones y de los intangibles; es uno de los atributos no lógicos de la entidad que se estudia. Además, en la simulación es posible seguir la pista de la forma en que las actividades, así como las relaciones y las variables, cambian a partir del modelo, esto es, según tengan lugar las actividades (Terry, 1984, p. 699).

### **2.3.2 Algoritmo de gradiente reducido (GRG no-lineal).**

Taha (2012) señala que, dado un problema de optimización con  $m$  restricciones que vienen dadas en forma de igualdad (forma estándar), y  $n$  variables ( $n \geq m$ ). Una forma directa de resolver el problema consiste en plantarlo en función de los  $n-m$  grados de libertad. En otras palabras, sería posible pensar que se pueden despejar  $m$  variables (tantas como restricciones) en función de las  $n-m$  restantes y resolver el problema como un problema sin restricciones.

Sin embargo, en un problema donde las restricciones son lineales bien planteado (no tenemos problemas con el cálculo de las inversas asociadas a los diferentes conjuntos de variables dependientes) esta eliminación sí que puede ser posible (p.824).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 Población objetivo.**

El estudio de caso fue un grupo de productores dedicados a la engorda de pavos “Grupo lirio de Cuitzeo” en el municipio de Cuitzeo Michoacán, se localiza en las coordenadas 19°58' de latitud norte y 101°08' de longitud oeste, a una altura de 1,840 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el estado de Guanajuato; al noreste con Santa Ana Maya; al sureste con Álvaro Obregón, al sur con Tarímbaro y al oeste con Huandacareo, Copándaro y el Estado de Guanajuato. El clima es templado con lluvias en verano, tiene una precipitación anual de 906.2 milímetros y temperaturas que oscilan de 10.2 a 27.6° centígrados.

#### **3.2 Etapa 1: Análisis del óptimo técnico y económico.**

##### **3.2.1 Análisis de los datos.**

Los datos proporcionados por el grupo para realizar el análisis económico se obtuvieron de 133 pavos doble pechuga que provenían de un apoyo municipalizado del programa de la Secretaria de Desarrollo Rural y Agroalimentario (SEDRUA), fueron engordados en cuatro unidades de producción, las variables de interés fueron la ganancia de peso por semana, consumo de alimento por semana y el número de semanas del ciclo de engorda. Todos los pavos fueron alimentados con una ración que cumplió con los requerimientos nutricionales para cada etapa fisiológica de los animales. De esta manera, se promediaron y graficaron los datos de las cuatro unidades para observar el comportamiento productivo de la parvada, ya que cada unidad tenía los datos capturados de manera individual tanto de ganancia de peso vivo (ver anexo 1) y de consumo de alimento semanal (ver anexo 2).

### 3.2.2 Modelo matemático para la función de producción en la engorda de pavos.

Bajo los principios de la Teoría de la producción, la cual establece que la función de producción relaciona los insumos con los productos, indicando la cantidad máxima de producto que puede obtenerse para una determinada combinación de factores (Ballester, 1985).

Dicha función se representa matemáticamente en su expresión general con el siguiente modelo:

$$Y = f(X)$$

Dónde:

Y=Producción.

X=Insumos.

### 3.2.3 Análisis de regresión.

Para ajustar el modelo y generar la función no lineal, para los datos de peso vivo y consumo de alimento se analizaron con una regresión no lineal polinómica de 3<sup>er</sup> grado.

Una vez ajustados los datos se elaboró una tabla de producción para el análisis técnico, la cual muestra las variables de producto físico total (Y) que representa la ganancia de peso por semana, el consumo de alimento por semana interpretado como el factor usado (X), número de semanas del ciclo de engorda, el producto físico medio (PFM) y producto físico marginal (PFMa). De igual manera para el análisis económico se elaboró una tabla de costos las variables de producto físico total (Y), factor usado (X), número de semanas, valor del producto marginal (VPmag), valor del alimento (VA), valor marginal del alimento (VAmag), Ingreso Neto (IN), Ingreso marginal (Imag).

### **3.2.4 Análisis de optimización para determinar el óptimo técnico y económico.**

Para determinar el óptimo técnico, una vez obtenida la función no lineal del producto físico medio se optimizó con el modelo de Solver empleando el algoritmo GRG no-lineal.

De acuerdo a la Teoría Económica, nivel óptimo técnico (OT) indica el valor máximo de la productividad media, significa que el producto físico medio (*PFM*) alcanza su máximo. De esta manera, una vez obtenida la función no-lineal del producto físico medio, el ejercicio de optimización consistió en maximizarlo utilizando el modelo de Solver empleando el algoritmo GRG no-lineal.

Por otro lado, para el óptimo económico se generaron dos funciones no-lineales, con una regresión polinómica de 2<sup>do</sup> grado para el ingreso marginal y una regresión polinómica de 3<sup>er</sup> grado para el valor marginal respectivamente.

Para el ejercicio de optimización se buscó la condición de igualdad entre el ingreso marginal y el costo marginal:  $Imarg=Cmarg$  como lo marca la Teoría económica. Para cumplir dicha condición la función objetivo se resolvió como  $Imar-Cmarg=0$ , por lo tanto en la optimización se buscó el valor=0 de dicha función, estimando el punto donde los valores de  $Imarg$  y  $Cmarg$  son iguales.

## **3.3 Etapa 2: Diagnostico del grupo.**

### **3.3.1 Registro de información.**

Para desarrollar el diagnostico se realizó un estudio de corte transversal, mediante la aplicación de entrevista directa con un cuestionario mixto semi-estructurado, el cual está constituido por ocho secciones: I. Datos generales del productor, II. Datos sobre el ciclo de engorda, III. Nutrición y alimentación, IV. Sanidad en los animales, V. Costos de producción, VI. Mercado, VII. Manejo de excretas y VIII. Visión sobre la producción.

Para analizar la información recogida en los cuestionarios se utilizó estadística descriptiva, con el objeto de organizar y presentar de manera conveniente el comportamiento de los datos obtenidos.

## **4. RESULTADOS.**

### **4.1 Etapa 1 del trabajo: Análisis de optimización para determinar el óptimo técnico y económico.**

En la primer etapa, cumpliendo con el primer objetivo específico se realizó un análisis económico, con el objetivo de determinar el óptimo técnico y económico en la engorda de pavos utilizando la herramienta Solver y empleando el algoritmo GRG no-lineal.

El ciclo de engorda comprendió un total de 11 semanas, siendo la demanda del producto lo que determino la culminación de la captura de datos. El comportamiento productivo de los pavos respecto a las variables de interés como ganancia diaria de peso reflejo una media de  $0.5 \pm 0.23$  kg, y para el consumo de alimento fue de  $1.45 \pm 0.65$  kg y una conversión alimenticia de 2.38.

Atendiendo los principios de Teoría económica y de la ley de los rendimientos decrecientes, las variables de interés son ganancia de peso por semana, consumo de alimento por semana y número de semanas del ciclo de engorda

**Tabla 1.**

*Datos de producción en engorda de pavos.*

Semana	Cantidad de factor usada kg (X)	Producción física total kg (Y)	Incremento kg (dX)	Incremento kg (dY)	Producto físico marginal (dY/dX)	Producto físico medio (Y/X)
1	0.59	0.80				1.36
2	0.69	0.90	0.10	0.10	1.00	1.30
3	0.84	1.20	0.15	0.30	2.03	1.43
4	0.95	1.67	0.11	0.47	4.14	1.75
5	1.17	2.25	0.22	0.59	2.69	1.93
6	1.43	2.92	0.26	0.66	2.59	2.05
7	1.56	3.61	0.13	0.70	5.25	2.32
8	1.88	4.30	0.33	0.69	2.11	2.28
9	2.16	4.93	0.27	0.64	2.33	2.29
10	2.38	5.48	0.22	0.54	2.44	2.30
11	2.60	5.88	0.22	0.41	1.82	2.26

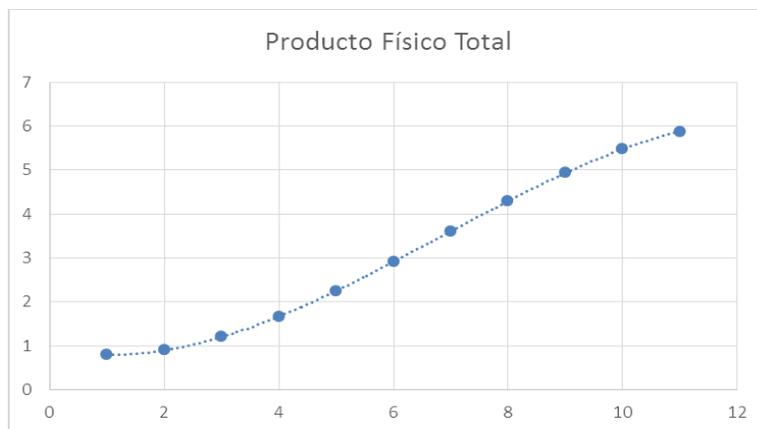
Fuente: Elaboración propia 2018.

La tabla 1 (tabla de producción) se elaboró con el fin de representar numéricamente la función de producción que representa la ganancia de peso en la engorda de pavos.

El comportamiento de la función no-línea (Figura 3) de la ganancia de peso (producto físico total) indica la existencia de una función de producción con rendimientos marginales decrecientes.

**Figura 3.**

*Ganancia de peso (kg) en engorda de pavos (Producto Físico Total).*



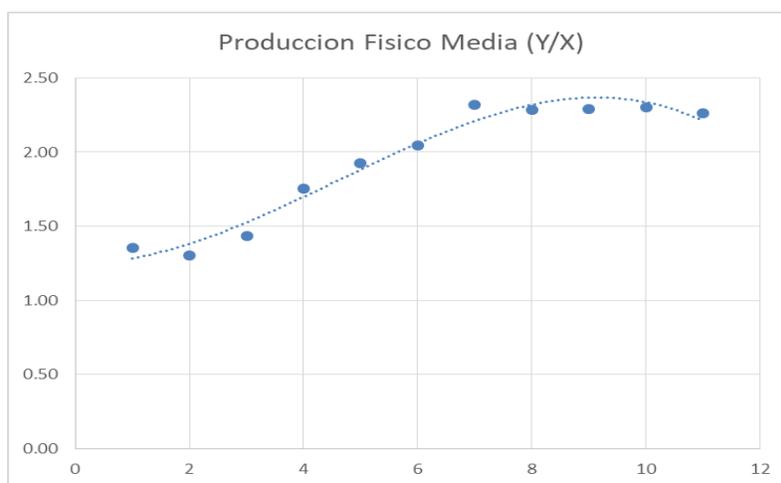
Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 1 (2018).

#### 4.1.1 Nivel Óptimo Técnico (OT).

Una vez obtenidos los datos del producto físico medio (Tabla 1) se graficaron para agregar una línea de tendencia polinómica de tercer orden (Figura 2), lo cual permite obtener la ecuación de regresión (función objetivo) y el coeficiente de determinación  $R^2$ .

**Figura 4.**

*Producto físico medio.*



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 1 (2018).

Obteniéndose la siguiente ecuación:

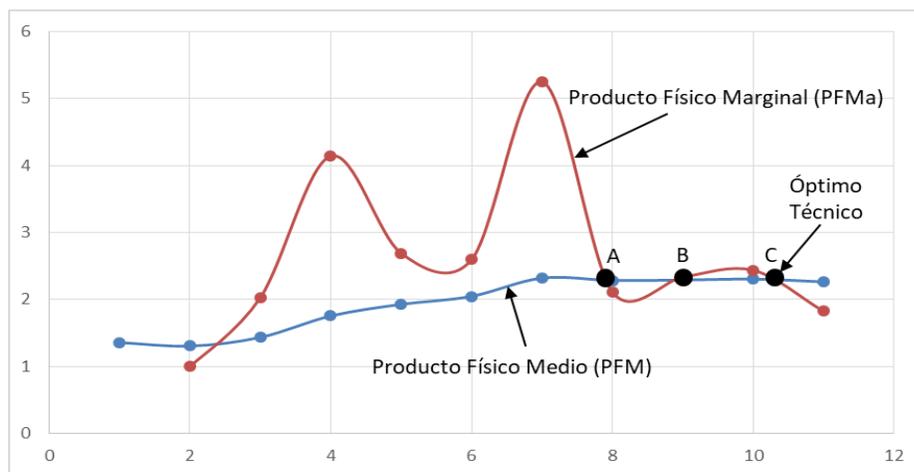
$$y = -0.003x^3 + 0.0412x^2 - 0.0054x + 1.2517$$

El coeficiente de determinación de  $R^2=0.9713$  (97%), esto significa que hay un cambio porcentual mínimo de variación y que el modelo se ajusta al comportamiento de los valores de la muestra.

El resultado de la optimización en SOLVER estima que el producto físico medio (PFM) alcanza su máximo nivel en la semana 10.4 donde el valor de este es 2.44. Lo cual determina que el punto del nivel óptimo técnico se encuentra en la semana 10 con valores de ganancia de peso de 5.48 kg y un consumo de alimento de 2.38 kg. Teóricamente se refleja que en este punto coinciden el producto físico medio y el producto físico marginal ( $PFM=PFMa$ ).

**Figura 5.**

*Relación entre Producto Físico Medio y Producto Físico Marginal.*



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 1 (2018).

En la figura 3 se muestra el comportamiento del producto físico medio y el producto físico marginal, el PFM tiene un comportamiento creciente que alcanza su máximo punto en la semana 10, mientras que el PFMa también al inicio es ascendente. Tomando en cuenta la segunda condición donde deben coincidir estas dos variables para determinar el óptimo técnico, existen tres puntos donde se cumple esta condición el A, B y C que corresponden a la semana 8,9 y 10 respectivamente para el ciclo de engorda. Sin embargo, aunque exista esa condición de coincidencia entre las dos variables en estos puntos, solo el punto C se denomina Optimo Técnico ya que en este se cumple la primera condición donde: la Producción Físico Media alcanza su máximo en términos de producción.

#### 4.1.2 Nivel Óptimo Económico (OE).

**Tabla 2.**

*Costos e Ingresos de la engorda de pavos.*

Semana	Cantidad de factor usada	Producto físico total	Producto Marginal	Valor del producto Marginal	Valor del alimento (Kg)	Valor marginal del alimento	Ingreso Neto	Ingreso marginal
1	0,6	0,8			3,6		56,5	
2	0,7	0,9	1,0	74,7	4,2	0,6	63,3	6,9
3	0,8	1,2	2,0	152,0	5,1	0,9	85,2	21,9
4	1,0	1,7	4,1	310,5	5,8	0,7	119,5	34,3
5	1,2	2,3	2,7	201,7	7,1	1,3	162,0	42,6
6	1,4	2,9	2,6	194,6	8,6	1,5	210,1	48,1
7	1,6	3,6	5,2	393,7	9,4	0,8	261,5	51,4
8	1,9	4,3	2,1	158,5	11,4	2,0	311,1	49,6
9	2,2	4,9	2,3	175,0	13,0	1,6	357,1	46,0
10	2,4	5,5	2,4	182,7	14,4	1,3	396,4	39,3
11	2,6	5,9	1,8	136,7	15,7	1,3	425,5	29,1
12	2,8	6,1	1,0	77,7	17,0	1,3	440,5	15,1
13	3,0	6,1	0,1	5,3	18,2	1,2	440,4	-0,2
14	3,2	5,9	-1,6	-116,5	19,2	1,0	419,9	-20,4
15	3,3	5,3	-4,3	-324,3	20,0	0,8	376,7	-43,2

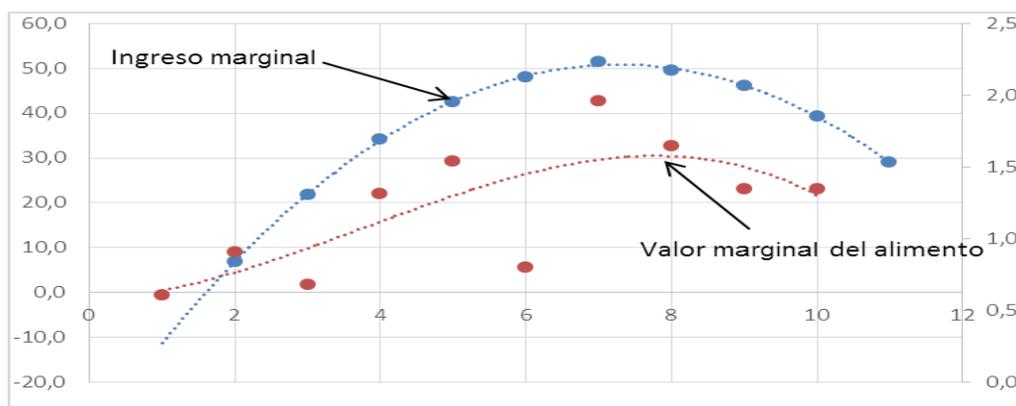
Fuente: Elaboración propia 2018.

La tabla 2 (tabla de costos) presenta la relación entre los ingresos y egresos generados por la función de producción no-lineal que representa la ganancia de peso en la engorda de pavos.

Al igual que en el OT, se graficaron los datos generados en la tabla 2 del valor marginal del alimento y del ingreso marginal (figura 4). Para el valor del alimento se utilizó una línea de tendencia polinómica de tercer orden para generar la ecuación de regresión y el coeficiente de determinación  $R^2$ , mientras que para obtener la ecuación del ingreso marginal se utilizó una de segundo orden, la cual mostraba mejor ajuste en la  $R^2$ .

**Figura 6.**

*Ingreso marginal y Valor marginal del alimento en engorda de pavos.*



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 2 (2018).

Para Ingreso marginal la ecuación de regresión fue:

$$y = -1.5773x^2 + 22.959x - 32.682$$

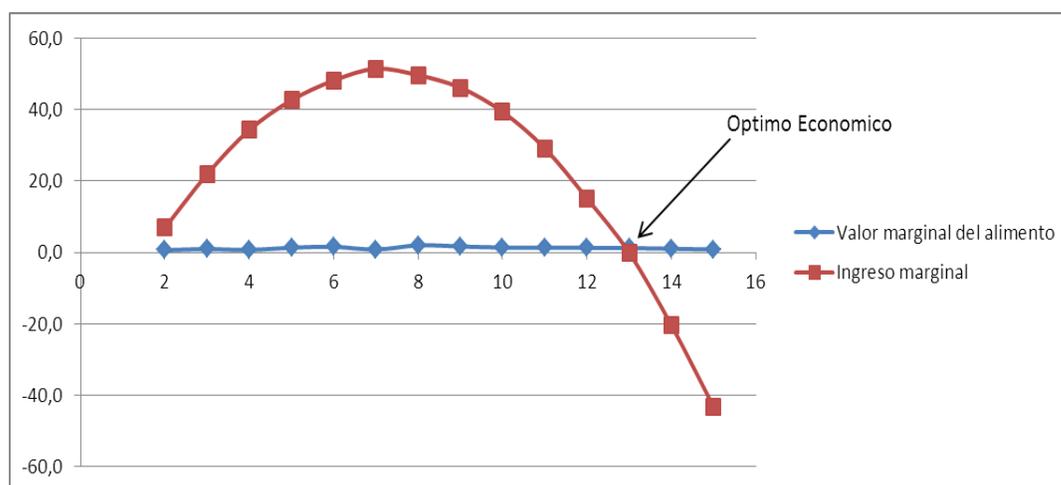
y para el valor marginal del alimento:

$$y = -0.0039x^3 + 0.0443x^2 + 0.0201x + 0.5798$$

Con un coeficiente de determinación de  $R^2=0.99$  (99%) para  $Imag$  y una  $R^2=0.55$  (55%) para  $Vmag$  respectivamente, esto significa que hay un cambio porcentual mínimo de variación y que los modelos se ajustan al comportamiento de los valores obtenidos en el estudio. El resultado de SOLVER estima que los valores del Ingreso Marginal y Valor marginal del alimento son iguales en la semana 12.96, encontrándose aproximadamente en la semana 13 donde los valores del  $Imag=-0.2$  y el del  $Vmag=1.2$ . Este resultado indica que el nivel Óptimo Económico se encuentra en la semana 13 con un Valor del alimento= 18.2 pesos y un Ingreso neto= 440.4 pesos. El punto de cruce entre las líneas que representan las variables del  $Imag$  y  $Vmag$  se ilustra gráficamente en la figura 5. El ingreso marginal comienza con un comportamiento creciente, llegando a su máximo valor en la semana 7 donde comienza a decrecer hasta tomar valores negativos en el punto donde se determina el nivel óptimo económico.

**Figura 7.**

*Relación entre el Ingreso marginal y el Valor marginal del alimento.*



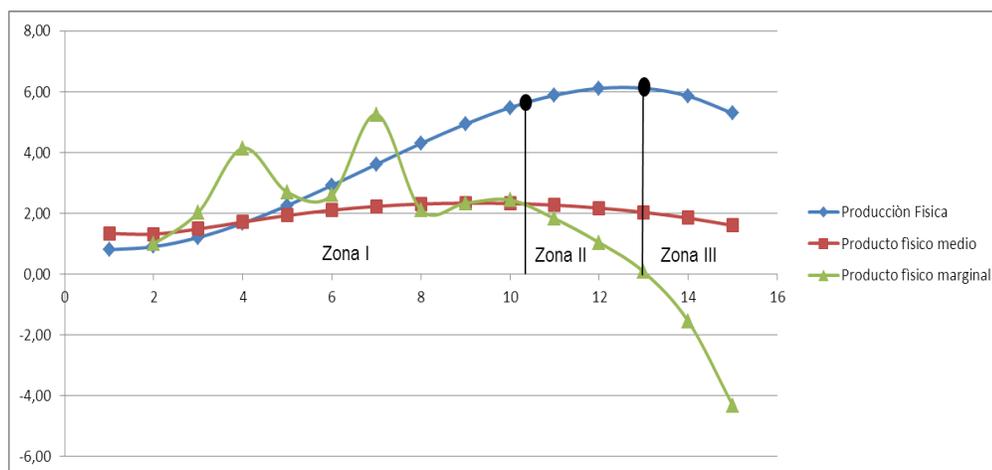
Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 2 (2018).

Económicamente este punto es significativo para el productor ya que aquí el ingreso marginal comienza a presentar rendimientos negativos, por lo cual la función de producción no genera ingresos positivos por unidad adicional producida.

Tomando como principio la ley de rendimientos marginales decrecientes (Bishop y Toussaint, 1977). En la figura 6 se determinan las zonas de rendimientos en el sistema de producción de pavos.

**Figura 8.**

*Relación geométrica entre Producto físico, producto físico medio y producto físico marginal.*



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 1 (2018).

Dentro de la zona I se encuentra el intervalo creciente de la función producción, el límite está definido en el punto donde el producto físico medio refleja su valor máximo e iguala al producto físico marginal (Nivel Óptimo técnico). La zona II muestra el punto donde el producto físico marginal es igual al producto físico medio y finaliza con un producto físico marginal igual a cero, también en este punto el producto físico total alcanza su valor máximo y en el presente estudio es donde se encuentra el nivel óptimo económico. La zona III inicia el intervalo donde el producto físico marginal es cero, en esta

zona el producto físico no aumenta ante aportes de insumo al proceso. En términos de productivos y económicos no es viable continuar con el proceso de producción ya que este solo mostrara rendimientos negativos.

#### **4.2 Etapa 1 del trabajo: Diagnostico del comportamiento productivo y comercial del grupo.**

La encuesta permitió recolectar información tanto cualitativa (percepción del sistema-producto) como cuantitativa. Se muestran variables de interés referente al tipo de información en cada sección de la encuesta.

##### **4.2.1 Datos generales del productor de engorda de pavos.**

Los resultados muestran variables como la edad del productor, la cual tiene una media de  $47 \pm 10$  años, respecto a los años de experiencia dedicados a las engorda de pavos el 80 % de los productores menciona tener 2 años desde su integración al grupo y el otro 20% menciona tener más de 10 años practicando la engorda, las principales actividades económicas de los productores son el comercio así como el desempeño de una actividad profesional, ya que el 45 % en el grupo menciona tener una licenciatura en su grado de escolaridad. Lo anterior se relaciona con el hecho de que el 80 % de los miembros realicen la engorda de pavos como una actividad generadora de recursos monetarios, y no como una actividad de ahorro como en la mayoría de los sistemas de traspatio. Por el tipo de actividad económica que realizan los productores, el grupo es un punto de reunión y convivencia, ya que el 54 % menciona haber ingresado a este por el motivo de convivir con personas, el 27 % ingreso con la intención de aprender de la actividad y el 18 % restante buscando generar ingresos monetarios. Por el tiempo que lleva conformado el grupo, en la entrevista solo el 27 % menciona obtener beneficios de tipo económico y el 73 % restante aprecia que los beneficios obtenidos son principalmente en conocimientos.

#### **4.2.2 Datos sobre las técnicas de alimentación empleadas.**

Referente al ciclo de engorda, la información obtenida muestra el ciclo de engorda en promedio abarca  $3.8 \pm 0.7$  meses, y el número de pavos que engordan por ciclo tiene un promedio de  $66 \pm 40$  animales, la superficie de las naves en promedio fue de  $39 \pm 26$  m<sup>2</sup>. Todos los productores mencionaron contar con piso y pared de concreto en su unidad de producción, al igual que lamina de aluminio, en promedio 2 comederos todos de tipo tolva con capacidad de 10 kg de alimento y también dos bebederos automáticos.

Todos mencionaron realizar la alimentación a libre acceso (*ad libidum*), ofreciendo el alimento en forma de harina, el 63 % de los productores continúa utilizando alimento comercial en la alimentación y el otro 37 % realiza la alimentación elaborando las raciones, solo el 36 % produce algún insumo utilizado en la alimentación, mientras que el 64 % restante tiene que comprar todos los insumos principalmente en una forrajera dentro del municipio.

#### **4.2.3 Datos sobre los costos de producción en la engorda de pavos.**

El comportamiento de los costos de producción, el 63 % de los miembros menciono que han disminuido, mientras que el otro 37 % comento lo contrario diciendo que estos se han incrementado principalmente por el costo de los insumos. Esta percepción en cuanto a costos está ligada principalmente a dos motivos; el primero es que la mayoría aún continúan utilizando alimento comercial en la alimentación, lo cual incrementa considerablemente los costos. El segundo motivo es que solo el 37 % produce algún insumo utilizado en las dietas, principalmente maíz y sorgo, el resto de los productores los tienen que comprar. La mano de obra utilizada es principalmente de tipo familiar permanente, ya que se considera una actividad que no demanda mucho tiempo y es de fácil desempeño.

#### **4.2.4 Datos sobre el mercado y la comercialización del producto.**

Respecto a la presentación del producto (pavo), el peso promedio al sacrificio es de  $15 \pm 2.8$  kg en pie, el principal punto de venta es dentro del municipio y también en el estado, el 72 % de los productores menciono vender sus productos a establecimientos (tiendas, restaurants), el otro 28 % vende su producto a conocidos dentro del municipio. El 54% comento vender su producto en el mes de diciembre, principalmente por ser la época del año con más demanda de pavo, sin embargo, el 46 % restante afirma que durante todo el año venden su producto, ya que además de realizar la venta en pie y canal, en el grupo se elaboran subproductos (embutidos) que son de fácil adquisición para el consumidor. Otro dato importante es que el 54 % de los productores utiliza el estiércol que se genera como abono para sus parcelas, a diferencia del 46 % restante, los cuales lo venden principalmente a engordadores de ganado, esto les genera un ingreso adicional por el buen precio del producto cuando es destinado para la engorda de bovinos. Es de gran importancia la visión sobre la producción, ya que todos afirman que sus sistemas de producción han mejorado respecto a cuando iniciaron la actividad, principalmente por la experiencia y conocimientos adquiridos dentro del grupo, esta visión de mejorar el sistema en base a las técnicas de producción influye en que el 72 % están dispuestos a mejorar su sistema en base a la capacitación recibida por especialistas, el otro 28 % busca la mejora en base a la tecnificación de sus sistemas.

## **5. CONCLUSIONES.**

En el presente estudio de caso, la información proporcionada por el grupo se analizó planteando un enfoque de optimización con una herramienta de sencilla manipulación como lo es Solver, esto con el objeto de facilitar el procesamiento de datos.

La captura de los datos en el ciclo comprendió un total de 11 semanas, el cual fue definido por la demanda del producto. De esta manera, bajo este enfoque se logró determinar el óptimo técnico y económico en la función de producción que describe el comportamiento de la engorda de los pavos de interés. El óptimo técnico se encontró en la semana 10.4 mostrando la venta oportuna de los animales en función la productividad mostrada por estos. Por otro lado, el óptimo económico en la función de producción se alcanza hasta la semana 13, el análisis de regresión ayudo a predecir el comportamiento de las variables en función de los valores observados en el ciclo. Esto significa que la venta se podía prolongar 2.5 semanas aproximadamente sin poner en riesgo la rentabilidad del sistema.

Bajo los principios de la Teoría Económica, se demuestra que el enfoque de optimización desarrollado permite identificar los niveles óptimos técnicos y económicos de funciones de producción del sector pecuario.

Finalmente, los resultados del diagnóstico realizado servirán para plantear estrategias de intervención que ayuden a mejorar la productividad del sistema, tomando en cuenta la disponibilidad del grupo en la modificación de las técnicas de producción implementadas en el estudio de interés.

## 6. REFERENCIAS.

Alltech, 2017. Productores de pavo en México. Avicultura. Recuperado de:

<https://www.avicultura.mx/destacado/Productores-de-pavo-en-Mexico%2C-con-capacidad-de-abastecer-75%C2%AC-del-mercado>.

Bishop, C.E. y Toussaint W. D. Introducción al análisis de la economía agrícola. Quinta edición. Limusa, México, 1977.

Espinosa, G.J.A. 2001. Productividad del sistema producto pecuario en México. Técnica Pecuaria México. Vol. 39(2): 127-138.

FAO. 2005. Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Producción avícola por beneficio o por placer. Dirección de sistemas de Apoyo a la agricultura. Recuperado de:

<http://www.fao.org/docrep/008/y5114s/y5114s00.htm#Contents>

García, M. A., 2000. Teoría económica de la producción ganadera. Producción y gestión de la empresa ganadera. Vol. 1. Pp. 21-70.

García, F., 2004. Funciones de producción y programación lineal. Facultad de ciencias económicas y sociales. Universidad de los Andes.

González V., 2014. Un buen año para el pavo mexicano. Manufactura: Información estratégica para la industria. Grupo expansión. En línea:

<http://www.manufactura.mx/industria/2014/12/16/pavo-mexicano-vuela-ante-aumento-del-dolar>

Guerra, G. 1992. Manual de administración de empresas agropecuarias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

- Gujarati D. N., 2004. Econometría 4<sup>ta</sup> edición. Ed., Mcgraw-Hill. Recuperado de:  
[http://www.leben.com.mx/p\\_propiedades.htm](http://www.leben.com.mx/p_propiedades.htm)
- Maddala, G. y Miller, E. 1995. Microeconomía. Editorial McGraw-Hill.México.
- Medrano, J. A, 2000. Recursos animales locales del centro de México. Arch. Zootec. 49:  
385-390.
- Montilla, F. 2007. Conceptos básicos de microeconomía de la empresa: Función de  
producción. Recuperado de: [www.fao.org/docrep/015/md923e/md923e00.pdf](http://www.fao.org/docrep/015/md923e/md923e00.pdf)
- Morales, M. 2008. Determinación del óptimo económico en la producción de “setas”  
(*Plerotus Ostreatus*). Tesis de Maestría, Institución de enseñanza e investigación  
en ciencias agrícola, Montecillo, Texcoco, Edo de México.
- Pindyck R.S., Rubinfeld D.L. 1998. Microeconomía segunda ed. Noriega editors.
- Rebollar, R. S., Hernández, J., Rojo, R., González, F., Mejía, D. y Cardoso, J. 2008a.  
Óptimos económicos en corderos pelibuey engordados en corral. *Universidad y  
Ciencia*, 24(1): 67-73.
- Rebollar, R. S., G. Gómez T., J. Hernández M., R. Rojo R., J. F. González R. y F. Avilés  
N. 2008b. Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola  
en Temascaltepec, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum* 14(3):255-262.
- Rebollar, R. S., Posadas, R., Hernández, J., González, F., Guzmán, E. y Rojo, R. 2011.  
Technical and economics optimal in feedlot cattle. *Tropical and Subtropical  
Agroecosystems*, 14(2):413-420.
- Rodríguez, L. G., Carrillo, J. C., Hernández, M. J y Borja, B.M. 2015. Análisis diferencial  
técnico- económico de los sistemas productivos de guajolotes en el Estado de

México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias,  
México. Universidad Autónoma del Estado de México.

SAGARPA, 2014. Estudio sobre el desarrollo institucional de las organizaciones rurales en México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado el 13 de abril del 2018 de:  
<http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacioneExterna>.

SAGARPA, 2016. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Garantizado el abasto de carne de pavo para fiestas decembrinas. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sagarpa/hidalgo/articulos/garantizado-el-abasto-de-carne-de-pavo-para-fiestas-decembrinas-sagarpa-138101?idiom=es>

Samuelson, P. 2002. Microeconomía 16ª Edición. Ed. Mc Graw Hill, pp. 563.

Taha, H. 2012. Investigación de operaciones 9ª Edición. Pearson educación, México. Pp. 824.

Terry, R. 1984. Principios de administración. México, Cía. Editorial Continental. Pp. 699.

UNA. 2014. Unión Nacional de Avicultores. La producción de pavos en México. Recuperado de: <http://www.una.org.mx/index.php/sala-de-prensa/comunicados/14-comunicados/51-la-produccion-de-pavos-en-mexico-durante-el-2014-crecio-9-respecto-a-lo-obtenido-en-2013>

UNA, 2016. Unión nacional de avicultores (México). Indicadores económicos en producción de Pavo. Recuperado de:  
[http://www.una.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article=187&itemid=145](http://www.una.org.mx/index.php?option=com_content&view=article=187&itemid=145)

Vinuesa, P. 2016. Regresión lineal simple y polinomial: teoría y práctica. CCG-UNAM.

<http://www.ccg.unam.mx/-vinuesa/v1>.

Yang, W. 1960. Metodología de las investigaciones sobre administración rural. Roma.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Cuadernos de Fomento Agropecuario no. 64. Pp. 243.

Zuñiga, C. 2011. Texto básico de economía agrícola: su importancia para el desarrollo

local sostenible. Universidad autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua.

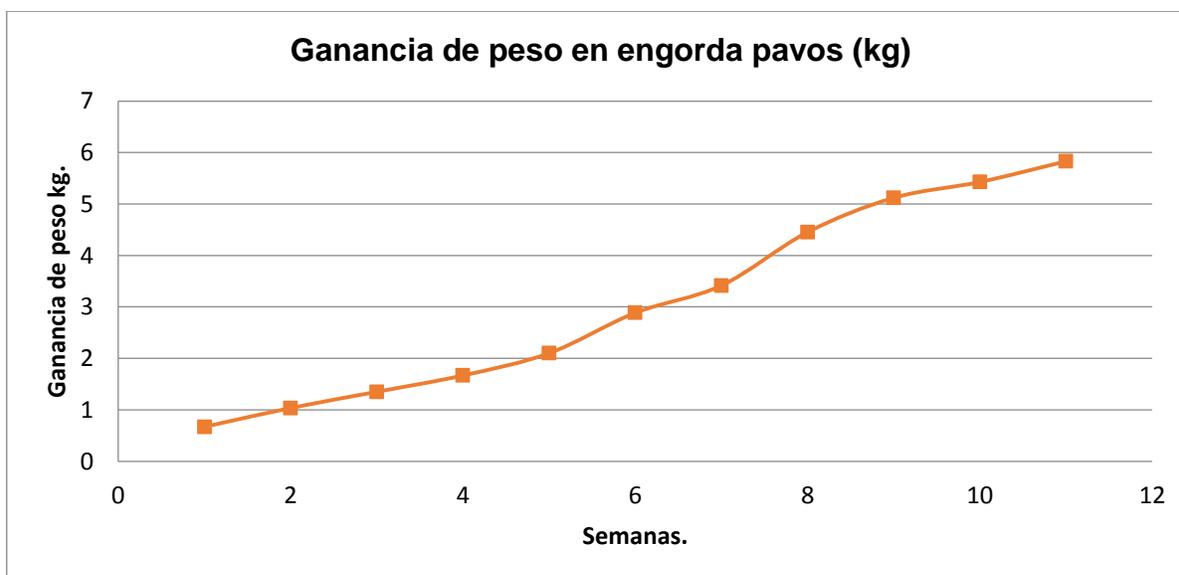
## 7. ANEXOS.

Anexo 1. Tabla de producción y grafica del comportamiento de la ganancia de peso de pavos del estudio de caso de interés.

Tabla 3. Registro de ganancia de peso semanal en pavos.

<b>Ganancia de peso en engorda pavos (kg)</b>											
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Productor 1	0.656	1.01	1.38	1.84	2.1	3.5	3.91	4.81	5.68	5.87	6.12
Productor 2	0.7	1.046	1.34	1.684	2.036	2.426	2.93	3.92	4.23	4.39	4.94
Productor 3	0.65	1.109	1.448	1.798	2.315	3.048	3.795	4.94	5.68	6.43	6.26
Productor 4	0.67	0.975	1.234	1.35	1.95	2.566	3.025	4.14	4.89	5.02	6
Promedio	0.669	1.035	1.35	1.668	2.10025	2.885	3.415	4.4525	5.12	5.4275	5.83

Figura 9. Comportamiento de ganancia de peso de los pavos en el ciclo de engorda.

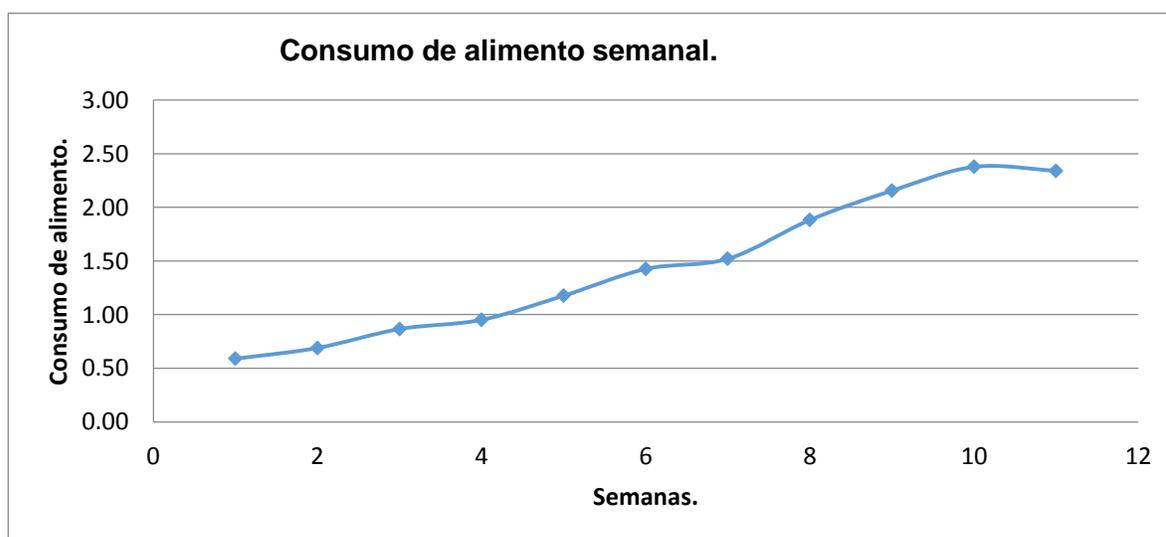


Anexo 2. Tabla de producción y grafica del comportamiento del consumo de alimento de los pavos durante el ciclo de engorda.

Tabla 4. Registro del consumo de alimento durante el ciclo de engorda de pavos.

Consumo semanal de alimento en la engorda de pavos.											
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Productor 1	0.59	0.63	0.77	0.83	0.87	1.26	1.36	1.66	1.96	2.34	2.98
Productor 2	0.52	0.64	0.93	0.96	1.16	1.25	1.25	1.67	1.8	1.88	2.33
Productor 3	0.65	0.76	0.96	1.16	1.48	1.8	1.93	2.27	2.61	2.98	1.04
Productor 4	0.6	0.73	0.80	0.86	1.20	1.39	1.54	1.93	2.25	2.31	3.01
Promedio	0.59	0.69	0.87	0.95	1.18	1.43	1.52	1.88	2.15	2.38	2.34

Figura 10. Comportamiento del consumo de alimento durante el ciclo de engorda de pavos.



Anexo 3. Carta de aceptación de la primer etapa del trabajo en el 1<sup>er</sup> congreso Iberoamericano y XXXI Congreso Internacional en Administración de Empresas Agropecuarias 2018.



**XXXI CONGRESO INTERNACIONAL EN  
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
AGROPECUARIAS 2018**



Duitama, 02 de mayo de 2018

Doctores

**A. Froylan Lazaro**

**J.P Flores Padilla**

**M. Perea Peña**

**F. Ochoa Ambriz**

**D. Val Arreola**

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

México

Respetados Doctores,

Con gusto le informamos la aceptación oficial de la ponencia titulada **"DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN ENGORDA DE PAVOS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS SOLVER"**, para su participación en el I Congreso Iberoamericano y XXXI Congreso Internacional en Administración de Empresas Agropecuarias 2018, que se llevará a cabo en el Municipio de Paipa, Boyacá Colombia, del 28 al 31 de mayo de 2018 en el Hotel Estelar Centro de Convenciones.

Nos permitimos recordarle que su presentación debe ser enviada en Power Point la cual será compartida con el auditorio en un tiempo de 10 a 15 minutos aproximadamente, así mismo, el formato anexo (Cesión de derechos de autor), el cual deberá diligenciar, escanear y remitir al correo electrónico [xxviciae.2018@uptyc.edu.co](mailto:xxviciae.2018@uptyc.edu.co), autorización que se requiere en caso de que usted o ustedes manifiesten el interés de publicar la ponencia en las memorias del Congreso con ISSN, hasta el 03 de mayo.

Cualquier información adicional que requiera comunicarse a través del correo electrónico [xxviciae.2018@uptyc.edu.co](mailto:xxviciae.2018@uptyc.edu.co)

Cordialmente,

**GLORIA ACENED PUENTES MONTAÑEZ**

Coordinadora del Congreso 2018

**"Administración e Innovación Empresarial  
Agropecuaria para la Paz"**

Anexo 4. Carta de aceptación de la segunda etapa del trabajo en el V Congreso Internacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria 2018.



**V Congreso Internacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria**  
19, 20 y 21 de septiembre de 2018

ASUNTO: DICTAMEN

03 de julio de 2018

ALEJANDRO FROYLAN LAZARO  
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
P R E S E N T E

Por este medio tenemos el agrado de informarle que el resumen de la ponencia "El comportamiento productivo y comercial en producción de pavo, estudio de caso en el municipio de Cuitzeo, Michoacán" de los autores:

A. Froylan Lazaro, J. P Flores Padilla, E. E Bobadilla Soto, M. Perea Peña, F. Ochoa Ambriz

se **ACEPTÓ** para su presentación en el V Congreso Internacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria.

**ATENTAMENTE**



Dr. Benito Ramírez Valverde



Dr. Alfredo Cesín Vargas

Coordinadores del Comité Científico del Congreso

Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia  
Tels. 01 (595) 95 21 500 Extensión 5078 | Email: [ciaocpoci@gmail.com](mailto:ciaocpoci@gmail.com) y [ciaocpoci@yahoo.com.mx](mailto:ciaocpoci@yahoo.com.mx)  
Página web: [www.ciaocpoci.com.mx](http://www.ciaocpoci.com.mx)



# Alejandro Froylán Lázaro

## Determinación del óptimo técnico y económico de la engorda de pavos en un estudio de caso del munic

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117.410518401

50 Páginas

Fecha de entrega

29 nov 2024, 12:04 p.m. GMT-6

9,536 Palabras

Fecha de descarga

29 nov 2024, 12:15 p.m. GMT-6

50,072 Caracteres

Nombre de archivo

Determinación del óptimo técnico y económico de la engorda de pavos en un estudio de caso del....pdf

Tamaño de archivo

970.4 KB

## Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en Producción Agropecuaria con opción en el área Pecuaria.	
Título del trabajo	DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONOMICO DE LA ENGORDA DE PAVOS EN UN ESTUDIO DE CASO DEL MUNICIPIO DE CUITZEO MICHOACÁN.	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	ALEJANDRO FROYLAN LAZARO	1489655g@gmail.com
Director	JUAN PABLO FLORES PADILLA	jpglores@umich.mx
Codirector	ERNESTO ENCARNACIÓN BOBADILLA SOTO	encarnacion.bobadilla@umich.mx
Coordinador del programa	JORGE FONSECA MADRIGAL	jorge.fonseca@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	NO	

## Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	
Traducción a otra lengua	SI	Para la traducción del resumen se utilizó el traductor en palabras técnicas.
Revisión y corrección de estilo	No	
Análisis de datos	SI	Se utilizaron herramientas de Microsoft Excel.
Búsqueda y organización de información	SI	Se consultó la base de datos de la Biblioteca Virtual de la UMICH.
Formateo de las referencias bibliográficas	NO	
Generación de contenido multimedia	NO	
Otro	NO	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	ALEJANDRO FROYLAN LAZARO 
Lugar y fecha	Morelia, Mich a 18 de Noviembre de 2024.

