Evaluación económica de dietas elaboradas a base de subproductos locales en pollos de engorde

María Soledad León Pulla

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

PORTADILLA

Evaluación económica de dietas elaboradas a base de subproductos locales en pollos de engorde

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

María Soledad León Pulla

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Evaluación económica de dietas elaboradas a base de subproductos locales en pollos de engorde

Presentado por:

María Soledad León Pulla

Aprobado:

Fredi Arias, Ph.D.
Asesor principal

Ernesto Gallo, M.Sc. M.B.A.
Director
Carrera de Administración de Agronegocios

Abel Gernat, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Gerardo Murillo, Ing. Agr.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

León M. 2009. Evaluación económica de dietas elaboradas a base de subproductos locales en pollos de engorde. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios. Zamorano, Honduras. 31p.

Una de las principales limitantes en la alimentación de pollos de engorde en países en desarrollo, es la utilización de maíz y harina de soya. El objetivo del estudio fue evaluar económicamente dietas elaboradas a base de subproductos locales, estableciendo una función de producción que nos permita identificar la cantidad efectiva de concentrado que se debe suministrar para maximizar ganancias de peso y utilidades. La investigación comprendió una fase de campo y otra de análisis estadístico-económico. Las variables independientes fueron: harina de camarón, harina de coquito y harina de soya, la variable respuesta fue ganancia de peso g/ave. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar (BCA), con 7 tratamientos y 8 repeticiones. El mejor modelo se eligió de acuerdo a los parámetros evaluados como el R^2 y el R^2 ajustado, el valor t , valor p, coeficientes y análisis de residuales, utilizando "Statistical Analysis System" (SAS® 2006). La máxima producción se obtiene al alcanzar un peso de 2318.2 g y el óptimo económico se obtiene al alcanzar un peso por ave de 2311g. De los tratamientos utilizados en la investigación, la mayor rentabilidad a 1.81 kg, obtuvo el tratamiento Nº 1, dieta elaborada a base de maíz y soya y a los 42 días de edad, obtuvo el tratamiento Nº 3, dieta elaborada a base de maíz y soya con con 5% de sustitutos proteicos y 9% de sustitutos energéticos

Palabras clave: Función de producción, Harina de camarón, Harina de coquito, Harina de soya.

CONTENIDO

Portadilla.....i
Página De Firmas ii
Resumen iii
Contenido iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....v

1. INTRODUCCIÓN.....1

2. METODOLOGÍA.....6

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....9

4. CONCLUSIONES.....21

5. RECOMENDACIONES.....22

6. LITERATURA CITADA.....23

7. ANEXOS 25

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro Página

1. Análisis de regresión para la función de producción en pollos de engorde 10
2. Costos, consumo y ganancia de peso de los tratamientos a los 42 días 18
3. Consumo y costo de los tratamientos a 1.81 kg de peso 19
4. Costo del kilogramo de pollo a los 42 días de edad y a 1.81 kg de peso 19
5. Detalle de utilidades por tratamiento a los 42 días de edad 20
6. Detalle de utilidades por tratamiento a 1.81 kg de ganancia de peso..... 20

Figura Página

1. Análisis de residuales para la función de producción en pollos de engorde. 11
2. Fases de la función de producción..... 16
3. Función de producción en pollos de engorde. 18

Anexo Página

1. Dietas inicio..... 25
2. Dietas crecimiento 25
3. Dietas final..... 26
4. Modelo Nº 1 de regresión para la función de producción en pollos de engorde..... 26
5. Modelo Nº 2 de regresión para la función de producción en pollos de engorde..... 27
6. Modelo Nº 3 de regresión para la función de producción en pollos de engorde..... 28
7. Modelo Nº 4 de regresión para la función de producción en pollos de engorde..... 29
8. Consumo alimenticio de los tratamientos (kg/ave) 29
9. Costo de los tratamientos en consumo alimenticio (L/kg) 30
10. Ganancia de peso de los tratamientos (kg/ave) 30
11. Costos por tratamiento del kilogramo de pollo a los 42 días 30
12. Costos por tratamiento del kilogramo de pollo a 1.81 kg de peso 31

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el Centro de Investigación Avícola Zamorano, el alimento suministrado a los pollos de engorde son insumos de poca disponibilidad, ya que son importados y representan un costo elevado en relación a subproductos que se obtienen localmente como son: harina de coquito, semolina de arroz, harina de camarón, harina de carne, granos de destilería (DDG´s), entre otros.

En la explotación comercial de pollos de engorde, la alimentación actúa como un factor limitante, el cual encarece los costos de producción. Es por tal razón, que existe la necesidad de implementar una dieta elaborada con subproductos locales, que nos ayude a reducir estos costos, repercutiendo en un aumento de las ganancias.

En la producción de pollos de engorde se dedican a suministrar alimento hasta alcanzar el peso permitido en el mercado, pero a menudo no toman en cuenta la "ley de retornos marginales decrecientes", la cual enuncia básicamente que después de alcanzar un cierto nivel de uso de un recurso (el valor alcanzado por la variable que representa a este recurso), el valor del retorno obtenido al continuar aumentando su uso más allá de este nivel comienza a disminuir.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA Y ANTECEDENTES

En tiempos pasados la producción avícola era considerada una empresa agrícola de poca importancia. Los pollos y otras aves se criaban, en gran parte, para producir carne y huevos para el consumo familiar; con el paso del tiempo la producción avícola, ha tenido lugar a su especialización, convirtiéndose en un negocio de gran envergadura.

La producción de pollos se ha desarrollado y difundido a nivel mundial, cubriendo todos los climas y regiones debido a su alta adaptabilidad, rentabilidad y aceptación en el mercado.

La producción de pollos de engorde representa una fuente importante de ingresos para los países latinoamericanos, así como también una fuente importante de proteína muy accesible para las personas (Payne 1990). La característica esencial del pollo de engorde es su rapidez de crecimiento, cualidad de naturaleza hereditaria derivada de una severa selección genética que se basa en rígidos patrones de productividad y vigor orgánico que

asume gran importancia económica al aprovechar al máximo la ración alimenticia (Tucker 1973).

La producción avícola es también reconocida como una actividad económica de estrechos márgenes, donde la rentabilidad depende, entre otros factores, fuertemente de la escala de producción, para diluir los costos operacionales y obtener mayor eficiencia operacional (Wright 2003).

Actualmente las explotaciones avícolas buscan la mayor eficiencia posible en la producción. Para lograrlo es importante la integración de todos los factores productivos en especial la alimentación, que constituye el mayor costo de producción en pollos de engorde (North y Bell 1995), los cuales pueden llegar a representar hasta en un 80% de los costos totales (Ávila 1997).

Una de las principales limitantes en la alimentación de los pollos de engorde es la utilización de maíz y harina de soya. La disponibilidad y el costo de estos productos en ciertas situaciones son un problema para la producción avícola. Esta dificultad ha creado la necesidad de buscar una solución mediante la utilización de subproductos locales (Castro 2009).

En Latinoamérica se han realizado estudios sobre la utilización de subproductos no tradicionales que proveen buenos rendimientos en la producción de pollos, así como la reducción de los costos de los mismos.

Actualmente la planta de concentrados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, adquiere subproductos locales que son fáciles de adquirir y de menores costos como: harina de coquito, semolina de arroz, harina de camarón, harina de carne y granos de destilería (DDG`s).

La industria avícola ha adquirido mucha importancia económica ya que la carne de pollo se ha vuelto la fuente de proteína más barata comparada con otras carnes del mercado, además es un componente importante y barato de la canasta básica. En Honduras el consumo de carne de pollo per cápita anda en 39 libras al año (Romero 2008).

Dentro de los tipos de carne comúnmente consumidos la carne de pollo representará un mayor crecimiento, se estima que será de 2.5%, alcanzando 94.6 millones de toneladas a nivel mundial (FAO 2009). En Honduras el precio de la libra de carne de pollo del 13 al 19 de Septiembre del 2009 es de $1.04 (SAG 2009).

Hay muchas formas de apreciar el éxito de una empresa avícola. Todo depende de los métodos que se utilicen por eso se debe estar siempre alerta para conocer inmediatamente los nuevos métodos que aumentan las entradas netas a las empresas. El centro de Investigación Avícola de Zamorano no cuenta con funciones de producción que determinen el punto óptimo de ganancias en la producción de pollos de engorde.

1.2.1 Línea de pollos de engorde Arbor Acres Plus®

A lo largo de los últimos dos años, la marca Arbor Acres Plus® ha tenido un enorme crecimiento y se ha ganado el reconocimiento por la industria como un ave que puede competitivamente adaptarse en todos los climas y condiciones ambientales (Aviagen® 2008).

Arbor Acres Plus® es una de las líneas más antiguas en pollos de engorde. Su desarrollo se fija firmemente en el compromiso de las necesidades actuales y futuras de la industria avícola. Ha sido desarrollada para producir pollos de manera eficiente a través del desarrollo de su genética, el excelente rendimiento de los pollos de engorde y el rendimiento en el procesamiento (Aviagen® 2008).

1.2.2 Características de los subproductos de origen vegetal y animal

- Harina de soya es un subproducto que se obtiene moliendo la torta de soya, la que debe ser de color amarillento con un contenido máximo de 13 % de humedad y no más de 6% de sustancias minerales.
- Harina de carne es utilizada principalmente como fuente de proteína para aves y cerdos, la proteína de la harina de carne puede corregir las deficiencias en aminoácidos que hay en los cereales, es rica en calcio, fósforo y niacina, pero no suministra nada de vitamina “A” ni de vitamina “D”. El valor nutritivo de la harina de carne varía de acuerdo a la materia prima utilizada. En aves, la harina de carne obtenida por derretimiento es de uso más común y es un ingrediente casi obligatorio en todas las raciones (Revilla 1977).
- Harina de coquito es un producto que se obtiene en el proceso de extracción de aceite de la semilla del fruto de la palma. Tiene gran capacidad de absorción de melazas y digestibilidad alta (Revilla 1977).
- Maíz es uno de los mejores alimentos para formular raciones en aves de engorde y puede ser usado como grano único de la mezcla. El más usado en el concentrado para aves debe ser molido, pero no muy fino. Normalmente la cantidad de maíz en la ración para pollitos no debe ser mayor del 40% de la ración (Revilla 1987).
- Harina de camarón. En las dietas para pollos de engorde la harina de soya puede ser reemplazada parcial o totalmente por harina de camarón como fuente proteica, sin afectar de manera significativa el desarrollo de los pollos, aunque se obtiene mejor desarrollo del pollo cuando se reemplaza el 50% de la proteína de soya por la de camarón (Botero 1998).
- Semolina de arroz. La semolina se obtiene como derivado de la fricción del grano de arroz al beneficiario en la máquina descascadora. Está formado principalmente por capas aleurónicas del grano y representa todos los pulimientos que se eliminan del grano después de que a éste se le quita la cáscara externa. Se utiliza como sustituto parcial del maíz o sorgo. Numerosas investigaciones han demostrado que puede utilizarse en niveles hasta del 30% en pollos de engorde (Murillo 1982).

1.2.3 Función de producción

La función de producción es la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan en su obtención. Esta función describe la tasa a que los recursos son trasformados por medio de la "Ley de Retornos Marginales Decrecientes".

La Ley de los Retornos Marginales Decrecientes establece que a medida que las unidades de insumos variables son agregadas a unidades de uno o más insumos fijos, después de un cierto punto, cada unidad incremental del insumo variable produce cada vez menos producto adicional (Arias 2008).

Es por esta ley que para cada nivel de insumos utilizados la función asigna un nivel único de producción. Cuando el nivel de insumo es cero, la producción podría ser cero, o en algunos casos, existiría una producción positiva con cero insumos.

A pesar de que hay diversas funciones para determinar las respuestas de distintas variables, se determinó la más adecuada a partir de análisis estadístico, comparando los paramentos estadísticos en cada modelo planteado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este estudio se llevó a cabo para dar a conocer la cantidad efectiva de la dieta elaborada con subproductos locales que se debe suministrar para alcanzar el punto óptimo de pesos corporales, con el fin de maximizar las utilidades económicas, minimizando los costos de alimentación, ya que la alimentación representa el mayor de los costos en la producción de pollos de engorde.

Además nos sirve para proporcionar información al Centro de Investigación Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana "Zamorano" respecto a los hechos que contribuyen a tener pérdidas o ganancias, más demostrar a fondo la economía agrícola aplicada a la producción avícola.

Una función de producción provee información concerniente a la cantidad que se espera producir cuando determinados insumos se combinan de una manera específica. Siendo que existen diferentes formas de producción, una para cada forma en particular de combinación de insumos (Blanco 1974). Es por esto que se podrá determinar la cantidad efectiva que nos ayudará a maximizar ganancias de acuerdo al precio del producto e insumos en el mercado para producir con un óptimo económico.

Este estudio es de mucha importancia no solo para el Centro de Investigación Avícola del Zamorano, sino también servirá como una base para productores avícolas que tengan la necesidad de maximizar sus utilidades económicas.

1.4 LÍMITES DE ESTUDIO

La aplicabilidad de este estudio se enfoca en el Centro de Investigación Avícola Zamorano. Además nos limitamos a utilizar los subproductos que la planta de concentrados pueda proveer.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Evaluar económicamente dietas elaboradas a base de subproductos locales en pollos de engorde.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar un experimento de campo en pollos de engorde para evaluar dietas elaboradas a base de subproductos locales.
- Establecer la cantidad efectiva de harina camarón (C), harina de soya (S) y harina de coquito (Q), que se debe suministrar para maximizar ganancia de peso.
- Determinar el óptimo económico para la ganancia de peso a partir de suministrar harina camarón (C), harina de soya (S) y harina de coquito (Q).
- Identificar la fase racional de la función de producción.
- Analizar los costos de los tratamientos elaborados con subproductos locales utilizados en el experimento de campo.

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El levantamiento de datos se llevó acabo de Julio a Agosto 2009 en el Centro de Investigación Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Departamento de Francisco Morazán a 32Km de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras; a una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio anual de 24ºC y una precipitación media anual de 1100mm.

2.2 ANIMALES

Se utilizaron 3,136 pollos de la línea Arbor Acres Plus® que fueron criados desde un día de nacidos hasta el día 42. Los pollos se alojaron aleatoriamente en 56 corrales experimentales. Los pollos recibieron alimento y agua *adlibitum*.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto se dividió en una fase de campo y una de análisis estadístico de los datos, la fase de campo comprende un diseño estadístico de bloques completamente al azar, que servirá para determinar los datos en donde se muestre y conozca la relación técnica o transformación de insumo a producto y a partir de dichos datos realizar un análisis económico en pollos de engorde.

2.3.1 Tratamientos y números de repeticiones

Los tratamientos fueron:

T1: Dieta a base de maíz y soya.
T2: Dieta a base de maíz y soya con 2.5% de sustitutos proteicos y 4.5% energéticos.
T3: Dieta a base de maíz y soya con 5% de sustitutos proteicos y 9% energéticos.
T4: Dieta a base de maíz y soya con 7.5% de sustitutos proteicos y 13.5% energéticos.
T5: Dieta a base de maíz y soya con 10% de sustitutos proteicos y 18% energéticos
T6: Dieta a base de maíz y soya con 12.5% de sustitutos proteicos y 22.5% energéticos.
T7: Dieta a base de maíz y soya con 15% de sustitutos proteicos y 27% energéticos.

Las dietas fueron formuladas de acuerdo con los requerimientos nutrimentales de la línea de pollos de engorde Arbor Acres Plus® y fueron elaborados en la Planta de Concentrados de Zamorano (Anexos 1, 2 y 3).

2.3.2 Variables

Las variables independientes (insumos variables) que se estudiaron fueron cada una de las combinaciones de los subproductos que forman parte de una dieta. Estas variables son subproductos que son producidos localmente que tienen alta disponibilidad y un bajo costo. La variable respuesta que se analizó fue la ganancia de peso en el tiempo. El tratamiento testigo fue el T1, elaborado a base de maíz y soya, estos insumos fueron reemplazados parcialmente en los demás tratamientos.

2.3.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue 8 bloques completamente al azar (BCA), 56 unidades experimentales y 7 tratamientos, de cada tratamiento se obtuvo 48 observaciones de ganancia de peso. Dicho experimento fue elaborado en el Centro de Investigación Avícola, Zamorano. Se realizó con 8 repeticiones, dicha cantidad se utilizó tomando el criterio general para investigaciones agrícolas y reducir el error. El tamaño de la unidad experimental fue de 1.25 x 3.75 metros. Se manejaron 56 aves por corral a una densidad de 12 pollos por metro cuadrado. El levante de los pollos se controló con criaderos de gas y ventiladores, el consumo de alimento y agua fue *adlibitum* usando bebederos de niple y comederos de cilindro. Los tratamientos suministrados las semanas 1, 2 fueron las dietas de inicio, la semana 3, 4 fueron las dietas de crecimiento y finalmente las semanas 5, 6 fueron las dietas de finalización. El experimento se llevó hasta los 42 días de edad. Los datos se analizaron en el "Statistical Analysis System" (SAS® 2006).

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ECONÓMICO

2.4.1 Selección de la función

Una función de producción representa la relación existente entre insumo (subproductos) y producto (ganancia de peso), en donde se describe la tasa a que estos insumos son transformados, por medio de la ley de los retornos marginales decrecientes. Cuando la estadística inferencial nos permite trabajar y comprender la relación entre variables independientes con la dependiente mediante ecuaciones, derivadas de análisis de regresión múltiple en cada modelo planteado.

El análisis estadístico se realizó con el programa de aplicación para manejar hojas de cálculos "Microsoft Office Excel". Por medio de un análisis de correlación y varianza para los diferentes niveles de Harina de Soya, Harina de Camarón y Harina de Coquito, con ellos se determinó si existe o no relación de dependencia entre las variables

propuestas en cada modelo, es decir, determinando los coeficientes de cada una de las variables independientes en cada modelo propuesto, para luego encontrar el idóneo y desarrollar la función.

Los modelos planteados de regresión lineal múltiple con p variables predictoras y basado en n observaciones se expresaron en la forma:

$$y_i = \beta_o + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + ...\beta_p x_{pi} + e_i \quad [1]$$

Para i = 1,2,…n. escribiendo el modelo para cada una de las observaciones.

Los parámetros evaluados en el análisis estadístico de cada modelo fue: la estadística de regresión, en donde se tomó en cuenta el coeficiente de determinación (R^2), como (R^2) ajustado y error típico, así como el valor t, el valor p, valor f, la dirección (signo) de los coeficientes técnicos y análisis de residuales (residuos estándares), evaluados con el método Durbin Watson.

2.5 MAXIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN Y ECONÓMICA

Una vez seleccionada la función se estableció la cantidad necesaria del insumo para maximizar la ganancia de peso a partir de la aportación de los nutrientes de los subproductos (harina de soya, harina de camarón y harina de coquito), ésta se realizó haciendo una derivación parcial de la función, igualándola a cero para obtener la cantidad máxima de producción física (ganancia de peso).

Después se igualó el ingreso marginal igual al costo marginal para obtener la cantidad económica y así poder determinar el óptimo económico para la ganancia de peso a partir de la aportación de Harina de soya, harina de camarón y harina de coquito.

La resolución de las ecuaciones resultantes de las derivadas parciales en los sistemas de ecuaciones, se realizó con el programa “Matemáticas de Microsoft Excel”.

2.5.1 Determinación de Precios de Insumos y Producto

En el caso de los insumos se tomó los precios que maneja la Planta de Concentrados de Zamorano, para luego determinar los precios por subproducto por medio de un ponderado de la utilización en el experimento de campo y el porcentaje de cada subproducto con relación a la cantidad de concentrado utilizado.

Respecto al precio de la carne de pollo con que se trabajó en el estudio fue L 20.9/kg, precio al que se vendió el kilogramo de la carne de pollo vivo a CADECA.

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE LOS MODELOS

Por medio de las ganancias de peso obtenidas en cada uno de los tratamientos del experimento de campo se plantearon diferentes funciones (modelos) relacionando las variables independientes (harina de soya, harina de camarón, harina de coquito) con la variable dependiente (ganancia de peso) y se seleccionó el mejor modelo, de acuerdo a los criterios mencionados en la metodología.

3.1.1 Modelo Nº 1

Este modelo es relativamente bueno ya que presenta parámetros razonables en lo concierne a la estadística de regresión en la cual presenta un coeficiente de correlación y determinación múltiple aceptables, así mismos el análisis de varianza en donde se muestra un valor F manifiesta la significancia del modelo, un error típico, pero los valores estadísticos "t" de dos variable no son permisibles. Además los coeficientes de las variables presentan problema en la dirección (signo), es por esto que fue descartado este modelo (Anexo 4).

3.1.2 Modelo No 2

Este modelo es bueno ya que presenta parámetros razonables en lo que concierne a la estadística de regresión en la cual presenta un coeficiente de correlación y determinación múltiple aceptables, además con los coeficiente de las variables no hay problema y presenta buenos valores t, pero fue descartado este modelo porque había un mejor modelo con mayor R^2 y R^2ajustado (Anexo 5).

3.1.3 Modelo No 3 y 4

Estos modelos aunque presenta parámetros aceptables en lo referente a estadística de regresión son menores a comparación con los otros modelos, además los valores estadísticos "t" no son tan significativos". Por lo tanto estos modelos fueron rechazados (Anexo 6 y 7).

3.1.4 Modelo No 5

Se seleccionó el modelo del cuadro Nº 1 ya que tiene una estadística de regresión en la cual presenta un R múltiple de 92%, un coeficiente de determinación R^2 de 84,72% y un R^2 ajustado de 84, 44% aceptables, así mismo el análisis de varianza en donde muestra un valor F, el cual manifiesta la significancia del modelo, un error típico y estadístico "t" en general es estadísticamente significativo el modelo.

Además los coeficientes de las variables no presentan ningún problema todos son mayor a uno y las variables cúbicas demuestran la ley de los retornos marginales decrecientes.

Cuadro 1. Análisis de regresión para la función de producción en pollos de engorde

Results of multiple regression	
Summary measures	
Multiple R	0.92044
R-Square	0.84722
Adj R-Square	0.84443
StErr of Est	70.21393

ANOVA Table

Source	Df	SS	MS	F	p-value
Explained	6	8994109.7	1499018.3	304.0608	5.98E-131
Unexplained	329	1621968.6	4930.0		

Regression coefficients

	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	79.5634	10.1905	7.8076	7.9E-14	59.5167	99.6101
C^2	0.0936	0.0266	3.5172	5.0E-04	0.0412	0.1459
C^3	-0.0003	0.0002	-1.2019	2.3E-01	-0.0007	0.0002
S^2	0.0094	0.0008	12.2363	1.2E-28	0.0079	0.0109
S^3	0.0000	0.0000	-6.0283	4.4E-09	0.0000	0.0000
Q	3.3902	0.8975	3.7773	1.9E-04	1.6246	5.1559
Q^2	-0.0411	0.0277	-1.4804	1.4E-01	-0.0957	0.0135

Fuente: Autor

Se analizaron los residuales por medio de la prueba de Durbin Watson para detectar presencia de correlación en los residuales del análisis de regresión, esta prueba dice que si el estadístico de la regresión efectuada está distribuido en forma asintóticamente normal con media cero y varianza unitaria y además se encuentra entre (-1,96, +1,96), con un 95% de confianza se puede rechazar la hipótesis nula de que no hay correlación de primer orden (positiva o negativa).

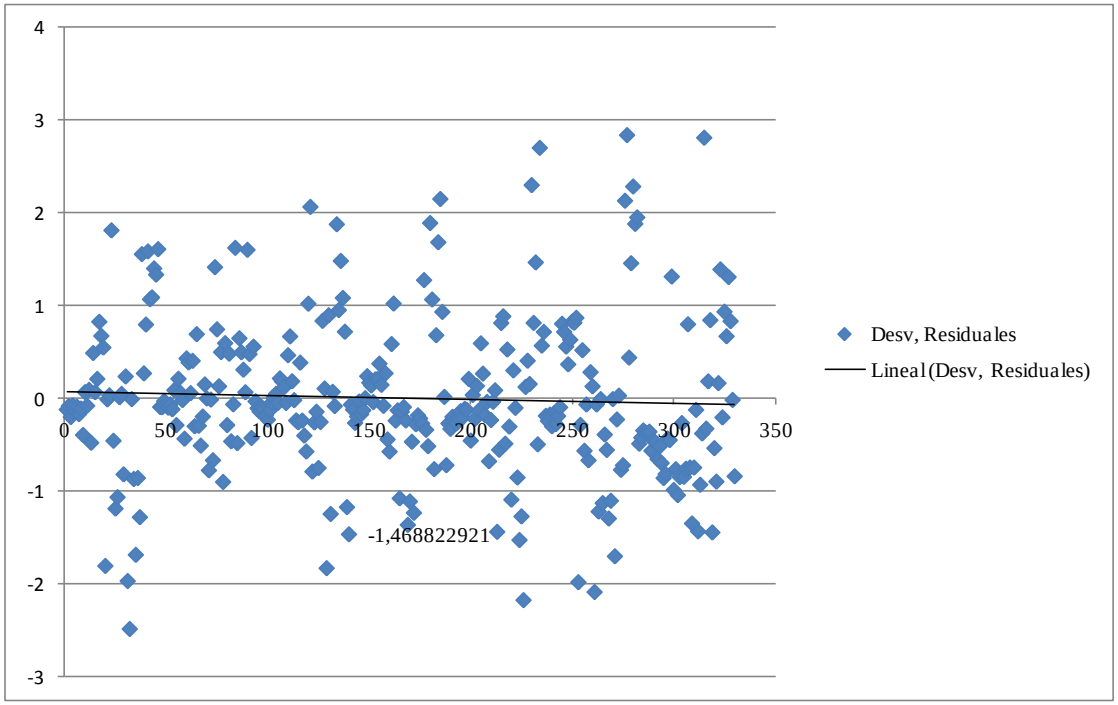

Figura 1. Análisis de residuales para la función de producción en pollos de engorde.
Fuente: Autor

En la figura Nº 1 podemos ver que el presente modelo tiene doce valores que se encuentran fuera de lo que asevera el método Durbin Watson, dichos valores son atípicos en trescientas treinta y seis observaciones, por lo tanto no es significativo. Además se puede observar que no existe una correlación entre las variables graficadas y tiene una media de cero y una varianza unitaria, esto confirma que el modelo seleccionado es el más indicado.

Así mismo se analizó el "t" estadístico, en donde todas las variables del modelo presentan significancia estadística, las variables que más presentaron significancia estadística fueron soya², soya y la constante, por lo tanto el modelo muestra significancia estadística.

3.1.4.1 La función determinada

$$Y = 79.5634 + 0.0936C^2 - 0.0003C^3 + 0.0094S^2 - 0.000015S^3 + 3.3902Q - 0.041\,Q^2 \quad [1]$$

(7.8076) (3.5172) (1.2019) (12.2363) (6.0283) (3.7773) (1.4804)

En donde:

Y = Ganancia de peso por ave en gramos (Producto Físico Total).
79,5634 = Constante
C^2 = Cantidad de harina de camarón al cuadrado a consumir por ave.
S^2 = Cantidad de harina de soya al cuadrado a consumir por ave.
Q = Cantidad de harina de coquito a consumir por ave.

C^3 = Cantidad de harina de camarón al cubo a consumir por ave.
S^3= Cantidad de harina de soya al cubo a consumir por ave.
Q^2= Cantidad de harina de coquito al cuadrado a suministrar por ave.

0,0936; - 0,0003; 0,0094; - 0,000015; 3,3902; -0,0411. Estos son los coeficientes para cada variable de C^2, C^3, S^2, S^3, Q, Q^2, correspondientemente.

3.2 ÓPTIMA PRODUCCIÓN FÍSICA

El producto físico marginal (PFM) es el cambio en producto (ganancia de peso) asociado con un cambio incremental unitario en el uso insumo (Harina de soya, harina de coquito y harina de camarón). El aumento de forma incremental en el uso de los subproductos es generalmente de una unidad, así que el PFM es el cambio de ganancia de peso asociado con un aumento de gramos de concentrado (subproducto).

Se procedió a resolver las ecuaciones encontradas, en donde se determinaron los niveles de harina de camarón (C), harina de soya (S) y Harina de coquito (Q), en donde la función de producción llega a su máximo éste valor se determinó de forma algebraica, estableciendo el punto donde la función logra su máximo valor, esto ocurre cuando el producto físico marginal ($\Delta Y/ \Delta X$) que representa la pendiente o la tasa de cambio de la función de producción en pollos de engorde es igual a "0", ya que el producto marginal del subproducto es 0 en el punto de maximización de ganancia de peso, entonces la primera derivada parcial de la función de producción es:

$$Y = 79.5634 + 0.0936C^2 - 0.0003C^3 + 0.0094S^2 - 0.000015S^3 + 3.3902Q - 0.041Q^2 \quad [1]$$

$\delta Y/\delta C = 0$ [2] **$\delta Y/ \delta S = 0$ [3]** **$\delta Y/ \delta Q = 0$ [4]**

Estas son las respectivas derivadas de la función de producción con relación a harina de camarón, harina de soya y harina de coquito. Es decir el producto físico marginal con respecto a la harina de camarón (C), harina de soya (S) y harina de coquito (Q), igualado a "0", por lo tanto:

- Harina de camarón (C):

$0.1872\ C - 0.0009\ C^2 = 0$ → PFM [2]
$-0.0009C^2 + 0.1872C + 0 = 0$ → Ecuación cuadrática

En donde:

$a = -0.0009$
$b = 0.1872$
$c = 0$

$$x = C = \frac{-0.1872 \pm \sqrt{(0.1872)^2 - 4(-0.0009)(0)}}{2(-0.0009)} \text{ [5]}$$
$$C = 229.33 \text{ g}$$

- Harina de soya

$0.0188S - 0.000045S^2 = 0$ → PFM [3]
$-0.000045S^2 + 0.0188S + 0 = 0$ → Ecuación cuadrática

En donde:

$a = -0.000045$
$b = 0.01885$
$c = 0$

$$S = \frac{-0.01885 \pm \sqrt{0.01885^2 - 4(-0.0000\,45)(0)}}{2(-0.000045)} \text{ [5]}$$
$$S = 410.61 \text{ g}$$

- Harina de coquito

$3.3902 - 0.0822Q = 0$ → PFM [4]
$Q = \frac{3.902}{0.0822}$

$$Q = 41.26\ g$$

Para maximizar la producción la cantidad de harina de camarón que debe consumir el ave es de 229.33 g, de harina de soya es de 410,61 g y de harina de coquito es de 41.26 g Quedando significativamente demostrado.

$$Y = 79.5634 + 0.0936\,(229.3)^2 - 0.0003\,(229.3)^3 + 0.0094\,(410.61)^2 - 0.000015\,(410.61)^3 + 3.3902\,(47.46) - 0.0411\,(47.26)^2 \text{ [1]}$$
$$Y = 2{,}318.27 \text{ g}$$

Al ingresar estas cantidades de harina de camarón, soya y coquito, a la función de producción se obtiene que la máxima producción con la combinación de estos insumos sea un ave de 2318,27 g.

3.3 ÓPTIMA PRODUCCIÓN ECONÓMICA

El valor del producto marginal y el costo del factor marginal son iguales en el punto de maximización de utilidades. Normalmente las utilidades están al máximo cuando el valor implícito del último lempira gastado en un insumo es un lempira.

La fórmula de máximas ganancias es:

$$\mathrm{VPM} = \mathrm{CFM}\ [6]$$

$(\delta Y / \delta C) * Py = CFM\ C$ $\quad$ $(\delta Y/\delta S)*Py = CFM\ S$ $\quad$ $(\delta Y/ \delta Q)* Py = CFM\ Q$

La óptima producción se obtuvo igualando los costos marginales (precio del insumo, que es el costo de producir un gramo de carne de pollo adicional) con el valor del producto físico marginal (VPM), que es el PFM multiplicado por el precio del producto (precio del gramo de carne de pollo).

En donde:

Py = Precio del producto.
$(\delta Y / \delta C) = PFM$
$(\delta Y / \delta C)* Py = VPM$
CFM = Costo del insumo (C, S y Q).

Entonces los valores del producto marginal con respecto a la harina de camarón (C), harina de soya (S) y harina de coquito (Q), igualado con el costo marginal (precio del insumo) son:

- Harina de camarón:

$0.0936C^2 - 0.0002C^3$
$(0.1872C - 0.0009C^2) * 0.0209$
$(0.003912C - 0.00001881C^2)$ → VPM
$-0.00001881C^2 + 0.003912C - 0.010352 = 0$ → Ecuación cuadrática

En donde:

$a = -0.00001881$
$b = 0.003912$
$c = -0.010352$

$$C = \frac{-(-0.00001881) \pm \sqrt{(0.003912)^2 - 4(-0.00001881)(-0.010352)}}{2(-0.00001881)}\ [5]$$

$$C = 226.66\ \text{g.}$$

- Harina de soya:

$0.0094S^2 - 0.000015S^3$
$0.0188S - 0.000045S^2$ →PFM
$(0.01885S - 0.000045S^2) * 0.0209 = 0.00991189$ → VPM
$0.000392S - 0.00000094S^2 = 0.00991189$
$-0.00000094S^2 + 0.0003929S - 0.00991189 = 0$ → Ecuación cuadrática

En donde:

$a = -0.00000094$
$b = 0.0003929$
$c = -0.00991189$

$$S = \frac{-(-0.0003929) \pm \sqrt{(0.0003929)^2 - 4(0.00000094)(-0.00991189)}}{2(-0.00000094)} \quad [5]$$

$$S = 383.62 \text{ g.}$$

- Harina de coquito:

$$3.39Q - 0.0411Q^2$$
$$3.39 - 0.0822Q$$
$$Q = \frac{3.39}{0.0822}$$
$$Q = 41.26 \text{ g.}$$

Para optimizar la producción del punto de vista económico el ave debe de consumir 226.6 g de harina de camarón, 383.62 g de harina de soya y 41.26 g de harina de coquito. Quedando significativamente demostrado.

$$Y = 79.5634 + 0.0936\,(226.6)^2 - 0.0003\,(226.6)^3 + 0.0094\,(383.6)^2 - 0.000015\,(383.6)^3 + 3.3902\,(41.26) - 0.0411\,(41.26)^2 \quad [1]$$

$$Y = 2311.06 \text{ g.}$$

Al ingresar estas cantidades de harina de camarón, soya y coquito, a la función de producción, se obtiene que el óptimo económico con la combinación de estos insumos es un ave de 2311.06 g.

Se evaluó el impacto del precio de los insumos para la producción de pollos de engorde y utilidad máxima, estableciendo una relación de precio del insumo con el precio del producto.

$$\frac{\acute{\upsilon}}{py} \quad [7]$$

ύ = precio del insumo y
py = precio del producto.

En donde:

Harina de camarón ≈ 0,010352423 / 0,02092511= 0,85454545
Harina de soya ≈ 0,009911894 / 0,02092511= 0,81818182
Harina de coquito ≈ 0,003656388 / 0,02092511= 0,30181818
Harina de carne ≈ 0,010550661 /0,02092511 =0,87090909
Semolina de arroz ≈ 0,004229075 / 0,02092511=0,34909091
Maíz ≈ 0,005682819 / 0,02092511 = 0,4690991

El insumo que tiene un menor impacto de acuerdo al precio del insumo y el precio de la producción de un gramo de carne de pollo es la harina de coquito. El insumo que tiene mayor impacto es la harina de carne.

3.4 FASE II

La función de producción está dividida en tres fases o regiones de producción. Estas son designadas con números romanos I, II y III. La etapa I y III tradicionalmente son descritas como etapas irracionales de producción. En este estudio se calculó la fase II, conocida como la etapa racional. Esto quiere decir que los productores que tiene como meta maximización de utilidades serán encontrados en esta región.

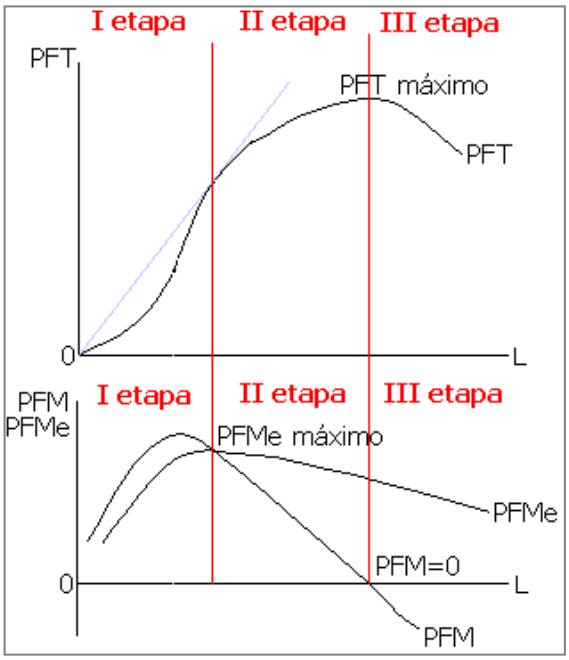

Figura 2. Fases de la función de producción.
Fuente: Leandro, G

Para determinar el punto donde la fase I termina y comienza la fase II se igualó el producto físico marginal (PFM) con el producto físico promedio (PFP) y para determinar el punto en donde la fase II termina y comienza la fase III el producto físico marginal (PFM) se igualó a cero.

δ Y/δ C = Y / C [8] **δ Y/δ S = Y / C [9]** **δ Y/δ Q = Y / Q [10]**

En estas ecuaciones se describe el producto físico marginal (PFM) igualado al producto físico promedio (PFP), con respecto a la harina de camarón (C), harina de soya (S) y harina de coquito (Q).

Entonces:

- Harina de camarón:

$$(0.187190C - 0.000816C^2) = (0.0936C - 0.0003C^2) \text{ [8]}$$
$$(0.1872C - 0.0936C) = (-0.0003C^2 + 0.000816C^2)$$
$$(0.0005441C^2 + 0.0936) = 0$$
$$C = \frac{-0.0936 \pm \sqrt{0.00936^2 - 4(0.05441)(0)}}{2(0.0005441)} \text{ [5]}$$
$$C = 172g.$$

- Harina de soya:

$$(0.018783S - 4{,}57435\text{E} - 05\text{S}^2) = (0.0094\text{S} - 0.000015\text{S}^2) \text{ [9]}$$
$$(-0.000045S^2 + 0.000015S^2) = (-0.0188S + 0.0094S)$$
$$(-0.000030S^2 + 0.0094S = 0)$$
$$S = \frac{-0.0094 \pm \sqrt{0.0094^2 - 4(-0.000030)(0)}}{2(-0.000045)} \text{ [5]}$$
$$S = 307.96\ g.$$

- Harina de coquito:

$$(3.390248 - 0.08215052Q) = (3.3902 - 0.0411Q) \text{ [10]}$$
$$Q = 0.010 \text{ g.}$$

La cantidad de harina de camarón que debe consumir el ave es 172 g, de harina de soya es de 307.96 g y de harina de coquito es de 0.010 g.

Al ingresar estas cantidades de harina de camarón, soya y coquito a la función de producción, se obtiene que con la combinación de estos insumos nos da el punto donde la fase I termina y comienza la fase II, con una ganancia de peso por ave de 1909.4 g. La fase dos termina y comienza la fase III en el punto de máxima producción con una ganancia de peso por ave de 2318.27 g.

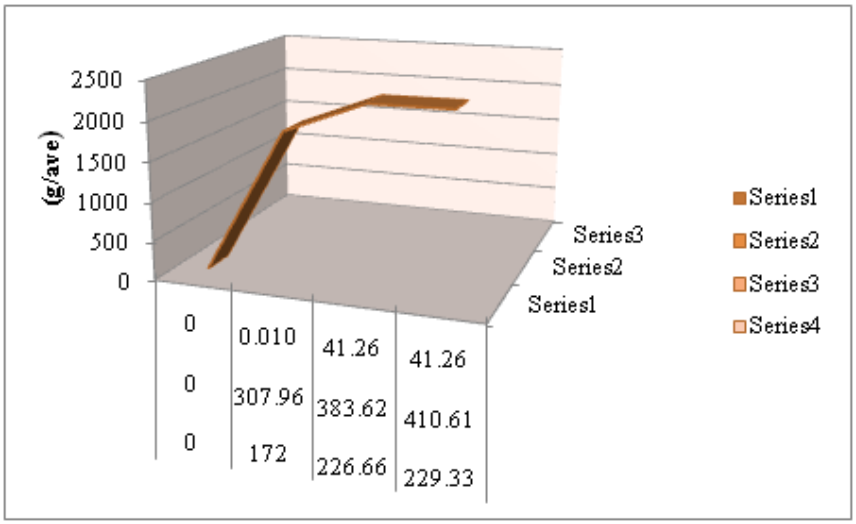

Figura 3. Función de producción en pollos de engorde.
Fuete: Autor

3.5 ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS TRATAMIENTOS

Durante la investigación de campo se trabajó con 7 tratamientos, uno elaborado a base de maíz y soya que fue el tratamiento testigo y los demás tratamientos reemplazaban parcialmente estos productos con subproductos locales.

En el cuadro Nº 2 se determinó el consumo alimenticio, costo promedio y ganancia de peso por tratamiento a los 42 días de edad. El consumo alimenticio se determinó de acuerdo a la cantidad de concentrado consumido por tratamiento durante los 42 días y a partir de este se obtuvo el consumo promedio por ave. De acuerdo al consumo alimenticio se determinó el costo promedio de un ave por tratamiento, mediante la multiplicación del costo de cada tratamiento por el respectivo consumo alimenticio. Además se determinó la ganancia de peso promedio por ave para cada tratamiento.

Cuadro 2. Costos, consumo y ganancia de peso de los tratamientos a los 42 días

Tratamiento	Consumo promedio (kg/ave)	Costo promedio (L/ave)	Ganancia de peso (kg/ave)
T1	4.11	33.75	2.19
T2	4.33	35.20	2.26
T3	4.16	33.65	2.27
T4	4.48	35.99	2.33
T5	4.66	37.27	2.36
T6	4.75	37.84	2.39
T7	4.50	36.21	2.28

Fuente: Autor

En el cuadro Nº 2 podemos ver que el tratamiento que obtuvo mayor consumo alimenticio durante los 42 días de edad fue el T6, con un consumo promedio por ave de 4.75 kg y el tratamiento que obtuvo menor consumo promedio por ave fue el T1 con 4.11 kg. De acuerdo al costo promedio, el tratamiento que obtuvo mayor costo promedio fue el T6 con un costo de L 37.8 y el tratamiento que obtuvo menor costo promedio fue el T3 con un costo de L 33.7.

Cuadro 3. Consumo y costo de los tratamientos a 1.81 kg de peso

Tratamientos	Consumo promedio (kg/ave)	Costo promedio (L/ave)
T1	3.40	27.97
T2	3.64	29.70
T3	3.50	28.40
T4	3.63	29.30
T5	3.61	29.02
T6	3.87	30.91
T7	3.70	29.79

Fuente: Autor

En el cuadro Nº 3 se determinó el impacto en consumo y costo promedio por ave de los tratamientos hasta alcanzar 1.81 kg, ya que este es el peso que el mercado exige, obteniendo como resultado que el tratamiento que obtuvo mayor consumo alimenticio fue el T6 con un consumo promedio de 3.87 kg y el tratamiento que obtuvo menor consumo alimenticio fue el T3 con un consumo de 3.50 kg. Respecto al costo promedio por ave, se obtuvo que el tratamiento con menor costo fue el T1 con L 27.97 y el tratamiento que obtuvo mayor costo fue el T6, con L 30.91.

Cuadro 4. Costo del kilogramo de pollo a los 42 días de edad y a 1.81 kg de peso

Tratamientos	42 días (L/kg)	Hasta alcanzar (1.81 kg) (L/kg)
T1	15.42	15.37
T2	15.58	15.76
T3	14.81	15.49
T4	15.45	15.58
T5	15.83	15.50
T6	15.86	16.76
T7	15.88	16.20

Fuente: Autor

En el cuadros Nº4 se realizó un cuadro comparativo del costo del kilogramo de pollo por tratamientos a los 42 días de edad y a 1.81 kg de ganancia de peso, obteniendo como resultado que el tratamiento que obtuvo menor costo en kilogramo de pollo a los 42 días

de edad fue el T3 con un costo de L 14.81 y los tratamientos con mayor costo fuer el T7 con un costo de L 15.88. Respecto al costo del kilogramo de pollo hasta alcanzar 1.81 kg de peso, el tratamiento que obtuvo menor costo en kilogramo de pollo fue el T1 con un costo de L 15.37 y el de mayor costo fue el T6 con un costo de L 16.76 el kilogramo de pollo.

Cuadro 5. Detalle de utilidades por tratamiento a los 42 días de edad

Tratamientos	Peso (kg/ave)	Precio (L/kg)	Costos (L/ave)	Utilidades (L/ave)
T1	2.19	20.92	33.75	12.10
T2	2.26	20.92	35.20	12.11
T3	2.28	20.92	33.65	13.95
T4	2.33	20.92	35.99	12.81
T5	2.36	20.92	37.27	12.03
T6	2.39	20.92	37.84	12.12
T7	2.28	20.92	36.21	11.56

Fuente: Autor

En el cuadro Nº5 se detalla las utilidades obtenidas por cada tratamiento a los 42 días de edad, esta utilidad se obtuvo al multiplicar el precio del kilogramo de la carne de pollo por el peso del ave, menos el costo promedio por ave. Obteniendo como resultado que el tratamiento que obtuvo mayor rentabilidad fue el T3 con L 13.95 por ave y la menor utilidad se obtuvo con el T7 con L 11.56 por ave.

Cuadro 6. Detalle de utilidades por tratamiento a 1.81 kg de ganancia de peso

Tratamientos	Peso (kg./ave)	Precio (L/kg)	Costos (L/ave)	Utilidades (L/ave)
T1	1.81	20.92	27.97	9.99
T2	1.81	20.92	29.70	8.26
T3	1.81	20.92	28.40	9.56
T4	1.81	20.92	29.30	8.66
T5	1.81	20.92	29.02	8.93
T6	1.81	20.92	30.91	7.05
T7	1.81	20.92	29.79	8.17

Fuente: Autor

En el cuadro Nº6 se realizó el detalle de utilidades obtenidas por tratamiento a los 1.81 kg de ganancia de peso, ésta se realizó mediante la multiplicación del precio del kilogramo de la carne de pollo por el peso en kilogramos del ave, menos el costo promedio por ave. Obteniendo como resultado que la mayor utilidad se obtiene con el T1 con L 9.99 por ave y la menor utilidad se obtiene con el T6 con L 7.05 por ave.

4. CONCLUSIONES

- El modelo que expresó la relación de insumo / producto, siendo este el que mejor, se ajustó a la evaluación estadística de los datos de campo y la función de producción que lo estima es el siguiente; $y = 75.5634 + 0.0936\mathbf{C}^2 - 0.0003\mathbf{C}^3 + 0.0094\mathbf{S}^2 - 0.000015\mathbf{S}^3 + 3.3902\mathbf{Q} - 0.041\,\mathbf{Q}^2$.

- El diseño de investigación seleccionado redujo el error experimental como lo expone el método de Durbin Watson, mostrando únicamente 12 valores atípicos de 336 datos.

- Dado las condiciones de la función de producción, el punto máximo de producción del ave fue un peso de 2318 g, mientras que el punto óptimo económico fue en 2311 g.

- La fase II empieza en el punto que el ave alcanza un peso de 1909.4 g. con 172 g de harina de camarón y 307.96 g de harina de soya y finaliza en el punto de máxima producción con un peso del ave de 2318.27g.

- El tratamiento más rentable a los 42 días de edad fue el tratamiento No 3, ya que el costo del kilogramo de pollo es de L 14.81 y la utilidad es de L 6.11 por kilogramo de pollo.

- El tratamiento Nº1 fue el màs rentable hasta alcanzar 1.81 kg de ganancia de peso. ya que el costo de kilogramo de pollo es de L 15.37 y la utilidad es de L 5.50 por kilogramo de de pollo.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un diseño experimental considerando la naturaleza de la función de producción para el tratamiento N3 que fue el más rentable.

- Realizar un análisis estadísticos del nivel de insumos para alcanzar el máximo y óptimo económico.

6. LITERATURA CITADA

Arias, F.2008. Economía de la producción. Guía de estudio. Valle del Yeguare, Universidad Zamorano.HN.

AVIAGEN. Arbor Acres Middle East and Africa Association (en línea). Consultado 21 de Sep. 2009. Disponible en: www.aviagen.com/docs/AAReview%20Feb0820FINAL_LowRes.pdf

Blanco, R. 1974. Economía Agrícola. Guía de clases para estudiantes de ciencias Agronómicas. Departamento de Estudios Agrosocioeconómicos. Universidad de El Salvador. El Salvador.

Botero, M. 1998. Efecto del uso de harina de camarón bajo dos métodos de secado en dietas de pollos de engorde.

Castro, J. 2009. Beneficios de los fitoquímicos en la reproducción avícola. Revista del avicultor. Avicultura profesional. Vol.27, No1 2009.

Murillo, M. 1982. Utilización de la semolina de arroz en dietas para pollos parrillero con y sin suplementación de grasa, (en línea). Consultado el 27 de Sep. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v06n1-2_073.pdf

PAYNE, W. 1990. An introduction to animal husbandry in the tropic . 4ed. New York. Logman. 881p.

REVILLA, A.1977. Alimentos para uso animal. Librería RTAC-EAP. Pág. 103, 44. 86.

Romero, M. Importancia de la industria avícola en Honduras. (en línea). Consultado el 1 de Jun. 2009. Disponible en: http://www.tradenet.biz/documents/?typ=news&news=100001070&lang=en&g=allgroups

SAG. (Secretaría de Agricultura y Ganadería HN). 2009. Precios en la carne de pollo en Centroamérica, (en línea). Tegucigalpa HN. Consultado el 16 Sep. 2009. Disponible: http://www.sag.gob.hn/

TUCKER, R. 1973. Cría del pollo parrillero. Buenos Aires., Argentina. Editorial Albatros. 63p.

Wright, C. 2003. Empresas Líderes: Tendencias mundiales en avicultura. Industria Avícola. 50 (1): 16-17.

7. ANEXOS

Anexo 1. Dietas inicio

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Costo L/kg	8.58	8.48	8.43	8.40	8.34	8.29	8.27
Ingredientes	%	%	%	%	%	%	%
Maíz	53.06	51	47.58	44.51	41.62	38.52	35.11
H. de Soya	38.00	33.60	30.00	26.00	21.94	18.00	14.02
H. de Carne	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50
DDG`s	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
Semolina	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
H. Coquito	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
H. Camarón	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50

Fuente: Autor

Anexo 2. Dietas crecimiento

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Costo L/kg	8.31	8.22	8.18	8.12	8.08	8.03	8.11
Ingredientes	%	%	%	%	%	%	%
Maíz	51.57	55.06	51.85	48.87	45.82	42.58	38.07
H. de Soya	33.00	28.80	25.00	21.00	17.00	13.20	9.50
H. de Carne	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50
DDG´s	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
Semolina	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
H. Coquito	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
H. Camarón	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50

Fuente: Autor

Anexo 3. Dietas final

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Costo L/kg	8.07	8.00	7.96	7.91	7.87	7.85	7.94
Ingredientes	%	%	%	%	%	%	%
Maíz	62.91	60.36	57.22	53.98	50.93	47.56	42.82
H. de Soya	28.00	223.70	19.80	16.00	12.00	8.10	4.40
H. de Carne	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50
DDG´s	0.00	1.25	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
Semolina	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
H. Coquito	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
H. Camarón	0.00	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50

Fuente: Autor

Anexo 4. Modelo Nº 1 de regresión para la función de producción en pollos de engorde

Results of multiple regression

Summary measures	
Multiple R	0.8927028
R-Square	0.7969183
Adj R-Square	0.7938412
StErr of Est	80.82771

ANOVA Table

Source	Df	SS	MS	F	p-value
Explained	5	8460146.8	1692029.4	258.99231	6.7E-112
Unexplained	330	2155931.5	6533.1258		

Regression coefficients

	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	142.8291	10.43983	13.68116	4.63E-34	122.2920	163.3661
C^2	0.0314	0.03254	0.96528	3.35E-01	-0.0326	0.0954
S^3	0.0000	0.00000	20.95552	0.00E+00	0.0000	0.0000
Q	2.7057	0.77673	3.48351	5.62E-04	1.1778	4.2337
Q^2	-0.0202	0.02561	-0.78740	4.32E-01	-0.0705	0.0302
C & S	0.0177	0.00310	5.69733	2.70E-08	0.0116	0.0238

Fuente: Autor

Función:

$$Y = 142.8291 + 0.0314C^2 + 0.000013 + 2.7057Q - 0.0202Q^2 + 0.0177CS$$

Fuente: Autor

Anexo 5. Modelo Nº 2 de regresión para la función de producción en pollos de engorde

Results of multiple regression for Pesos	
Summary measures	
Multiple R	0.901025
R-Square	0.811846
Adj R-Square	0.808415
StErr of Est	329.0364

ANOVA Table					
Source	Df	SS	MS	F	p-value
Explained	6	153689790	25614965	236.5951	4.137E-16
Unexplained	329	35619168.0	108264.9		

Regression coefficients						
	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	-50.3341	47.7546	-1.0540	0.2926	-144.2769	43.6087
C^2	0.5885	0.1247	4.7196	0.0000	0.3432	0.8339
C^3	-0.0014	0.0011	-1.3602	0.1747	-0.0035	0.0006
S^2	0.0281	0.0036	7.8028	0.0000	0.0210	0.0351
S^3	0.0000	0.0000	-2.2083	0.0279	0.0000	0.0000
Q	10.8510	4.2060	2.5799	0.0103	2.5770	19.1250
Q^2	-0.2566	0.1300	-1.9736	0.0493	-0.5124	-0.0008

Fuente: Autor

Función:

$$Y = -50.3341 + 0.5885C^2 - 0.0014C^3 + 0.0281S^2 - 0.00003S^3 + 10.8510Q - 0.2566Q^2$$

Fuente: Autor

Anexo 6. Modelo Nº 3 de regresión para la función de producción en pollos de engorde

Results of multiple regression for Pesos	
Summary measures	
Multiple R	0.8946835
R-Square	0.8004587
Adj R-Square	0.7969207
StErr of Est	341.31372

ANOVA Table					
Source	Df	SS	MS	F	p-value
Explained	5	131784061	26356812.2	226,2483	1.848E-9
Unexplained	282	32851606	116495.05		

Regression coefficients						
	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	105.6354	50.5594	2.0893	0.0376	6.1137	205.1571
C	2.6534	4.0709	0.6518	0.5151	-5.3599	10.6667
S^2	0.0180	0.0013	13.6332	0.0000	0.0154	0.0206
Q^2	0.1015	0.0257	3.9440	0.0001	0.0508	0.1521
C & S	0.1527	0.0454	3.3600	0.0009	0.0632	0.2421
S &Q	-0.0719	0.0329	-2.1835	0.0298	-0.1367	-0.0071

Fuente: Autor

Función:

$$Y = 105.63 + 2.6534C + 0.0180S^2 + 0.1015Q^2 + 0.1527CS - 0.0719SQ$$

Fuente: Autor

Anexo 7. Modelo Nº 4 de regresión para la función de producción en pollos de engorde

Results of multiple regression for Pesos	
Summary measures	
Multiple R	0.898062
R-Square	0.806516
Adj R-Square	0.802385
StErr of Est	336.690979

ANOVA Table					
Source	Df	SS	MS	F	p-value
Explained	6	132781279	22130213	195.219	3.9076E-97
Unexplained	281	31854388	113360.8		

Regression coefficients						
	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	34.5013	56.9451	0.6059	0.5451	-77.5919	146.594
C^2	1.9038	0.7733	2.4620	0.0144	0.3817	3.4260
S^2	0.0190	0.0014	14.0248	0.0000	0.0163	0.0217
Q	6.2103	3.6693	1.6925	0.0917	-1.0124	13.4331
C & S	0.0286	0.0670	0.4271	0.6697	-0.1033	0.1605
S & Q	0.0233	0.0604	0.3850	0.7006	-0.0957	0.1422
C & Q	-1.4987	0.6375	-2.3508	0.0194	-2.7536	-0.2438

Fuente: Autor

Anexo 8. Consumo alimenticio de los tratamientos (kg/ave)

	(Edad)					
Tratamientos	7	14	21	28	35	42
T1	0.14	0.37	0.59	0.79	0.96	1.26
T2	0.14	0.40	0.62	0.83	1.14	1.20
T3	0.15	0.41	0.64	0.87	1.17	0.93
T4	0.15	0.40	0.64	0.91	1.19	1.19
T5	0.15	0.42	0.68	0.95	0.99	1.47
T6	0.16	0.42	0.70	0.98	1.26	1.24
T7	0.16	0.45	0.67	0.92	1.18	1.13

Fuente: Autor

Anexo 9. Costo de los tratamientos en consumo alimenticio (L/kg)

	(Edad)					
Tratamientos	7	14	21	28	35	42
T1	1234.8	3196.3	4903.7	6533.9	7761.8	10120.4
T2	1217.0	3383.6	5046.7	6851.6	9075.4	9621.1
T3	1244.4	3419.8	5233.8	7076.2	9323.5	7350.5
T4	1254.8	3392.0	5213.8	7366.0	9396.7	9366.0
T5	1274.0	3504.6	5509.7	7651.6	7782.0	11549.6
T6	1303.3	3485.3	5589.9	7855.9	9896.0	9714.0
T7	1333.3	3709.0	5440.8	7418.5	9318.3	8985.9

Fuente: Autor

Anexo 10. Ganancia de peso de los tratamientos (kg/ave)

	(Edad)					
Tratamientos	7	14	21	28	35	42
T1	0.142	0.366	0.707	1.089	1.616	2.191
T2	0.148	0.386	0.707	1.166	1.676	2.261
T3	0.148	0.387	0.725	1.193	1.716	2.275
T4	0.153	0.399	0.748	1.198	1.759	2.332
T5	0.151	0.391	0.739	1.226	1.738	2.356
T6	0.152	0.393	0.736	1.196	1.686	2.388
T7	0.153	0.386	0.723	1.175	1.721	2.283

Fuente: Autor

Anexo 11. Costos por tratamiento del kilogramo de pollo a los 42 días

	(Costos por tratamiento (L/kg))		
Tratamientos	Costo (L/ave)	Pesos (kg/ave)	Costo (L/kg)
T1	33.75	2.19	15.42
T2	35.20	2.26	15.58
T3	33.65	2.28	14.81
T4	36.99	2.33	15.45
T5	37.27	2.36	15.83
T6	37.84	2.39	15.86
T7	36.21	2.28	15.88

Fuente: Autor

Anexo 12. Costos por tratamiento del kilogramo de pollo a 1.81 kg de peso

(Costos por tratamiento (L/kg))			
Tratamientos	Costo (L/ave)	Peso (kg/ave)	Costo (L/kg)
T1	27.97	1.82	15.37
T2	29.70	1.89	15.76
T3	28.40	1.83	15.49
T4	29.30	1.88	15.58
T5	29.02	1.87	15.50
T6	30.91	1.85	16.76
T7	29.79	1.84	16.20

Fuente: Autor