

**Determinación de una función de producción
en pollos de engorde usando una dieta con
componentes locales**

Erick Alexander Merino Carrillo

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Determinación de una función de producción en pollos de engorde usando una dieta con componentes locales

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

Presentado por

Erick Alexander Merino Carrillo

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Determinación de una función de producción en pollos de engorde usando una dieta con componentes locales

Presentado por:

Erick Alexander Merino Carrillo

Aprobado:

Fredi Arias, Ph.D.
Asesor principal

Ernesto Gallo, M.Sc.
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

Merino E. Determinación de una función de producción en pollos de engorde usando una dieta con componentes locales. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios. Zamorano, Honduras. 37 p.

La producción de pollos de engorde carece de una evaluación económica que vaya más allá de los costos, es decir, incorpore funciones de producción que permitan determinar máxima producción física y óptimo económico de producción. Ante esto se evaluó la producción al utilizar harina de carne, maíz y semolina de arroz como insumos locales de bajo costo para sustituir nutrientes de alto costo previamente probados. El estudio se realizó en dos fases: fase de campo, realizada en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de Zamorano, mediante un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con distribución factorial de 8 bloques por 7 dietas, para un total de 56 corrales, en cada corral se ubicaron 57 pollos de la línea mejorada “arbor acres plus” y se asignó una dieta a cada corral. Se midieron las variables gramos de consumo de alimento y gramos de peso ganado como las más importantes para la determinación de la función. Fase dos análisis estadístico, se realizó con el programa “Statistical Analysis System” (SAS® 2006) y el complemento “Statpro” de “Microsoft Excel”. Así mismo se hizo un análisis de costos de la dieta uno y se propone una dieta alternativa. El análisis de costos se realizó con el programa “Microsoft Excel”. Los resultados obtenidos en la investigación fueron: 95.5 g. de harina de carne y 909.09 g. de maíz para maximizar la producción física y 93.98 g. de harina de carne y 892.08 g. maíz para obtener el máximo beneficio económico. El costo de la dieta uno fue de L. 9.831/lb. y el costo de la dieta propuesta es de L. 9.68lb.

Palabras clave: correlación, dieta alternativa, economía agrícola, , modelo económico.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MATERIALES Y METODOS.....	12
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4. CONCLUSIONES.....	33
5. RECOMENDACIONES.....	34
6. LITERATURA CITADA.....	35
7. ANEXOS.....	36

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Dietas de engorde de inicio, materias primas alternativas.....	13
2. Dietas de crecimiento, materias primas alternativas.....	14
3. Dietas Final, materias primas alternativas.....	15
4. Ordenamiento de los datos para correr en “SAS” y “Statpro”.....	18
5. Resultados de regresión usando maíz, semolina y harina de carne.....	20
6. Elementos de la función del modelo no seleccionado.....	21
7. Modelo de regresión a partir de harina de carne y maíz.....	23
8. Variables de la función seleccionada para pollos de engorde.....	24
9. Costo por pollo y por libra a los 42 días de la dieta uno (testigo) en L.....	29
10. Costo en L. de la dieta uno a las 4 libras por pollo.....	30
11. Costos por gramo de peso ganado según cada dieta en cada fase.....	31
12. Dieta propuesta usando diferentes tratamientos. Costo a los 42 días.....	31
13. Costos a cuatro libras para la dieta propuesta.....	32

Figura

14. Residuales del modelo seleccionado para la función de producción.....	24
15. Costo semanal y costo promedio por pollo en dieta uno.....	30
16. Gráfica de costos para las dietas del ensayo y la dieta propuesta (“ideal”).....	32

Anexo

1. Croquis del galpón en que se realizó el ensayo.....	36
2. Costos por libra por semana por cada dieta del ensayo.....	37
3. Costos por fase para cada dieta del ensayo.....	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, en América Latina la avicultura enfrenta problemas en la obtención de materias primas para la elaboración de alimentos balanceados que sean de bajo costo, disponibles, de buena calidad, que no compitan directamente con la alimentación humana y que sean producidos localmente (Pérez, 1997).

Se debe identificar nutrientes locales que puedan sustituir nutrientes importados y con esto reducir los costos de alimentación en la producción de pollos de engorde. Así mismo, se carece de una evaluación económica que incorpore funciones de producción que permitan determinar costos mínimos, fases de producción, ganancias máximas y punto óptimo de producción.

1.2 ANTECEDENTES

En Honduras el crecimiento en el sector agrícola desde el 2006 ha sido de un 7% anual, es el único sector con una balanza comercial positiva. (SAG, 2009)

En Honduras el sector avícola contribuye al producto interno bruto (PIB) en 5% y al sector agropecuario en un 18%, genera empleos directos para más de 12,500 familias e indirectos por el orden de 150,000 para profesionales, obreros, transportistas y otros. Además aporta al fisco un estimado de L.160, 000,000.00 al año. (AVICOLATINA 2006)

Según Dale (2000), las características nutricionales de una dieta dependen directamente de una buena formulación. La ganancia de peso tiene una relación directa con la proteína, que es el elemento más caro en la formulación de las dietas. El precio de los concentrados varía según el tipo y el contenido de proteína que estos tengan.

El crecimiento animal puede ser descrito por medio de funciones matemáticas que predicen el desempeño de la evaluación del peso vivo. Dichas funciones permiten realizar evaluaciones sobre el nivel de producción de las empresas, pudiendo clasificar de forma sencilla la productividad de una raza específica para una zona determinada. También permiten calcular los valores máximos de los crecimientos medio y corriente, pudiendo determinar las edades de sacrificio que permitan obtener el máximo de beneficio económico (Agudelo, Gómez, et al, 2008)

A medida que el peso vivo de las aves vaya aumentando se acerca al punto de equilibrio, en que son iguales el costo adicional del concentrado y el valor de la carne con él producida, no siendo rentable pasar de este punto, pues sería menor el valor del aumento de carne que el costo del concentrado necesario para producirla, este punto de equilibrio indica la edad óptima para el sacrificio. A esta edad, es cuando el margen del valor del ave sobre el costo del concentrado total por ave es máximo y entonces, los beneficios que quedan después de pagar los gastos fijos serán también máximos (Clayton 1969).

En el pasado se han probado dietas con subproductos locales en la producción de pollos de engorde, Tamayo probó semolina de arroz y harina de coquito en el 2003, Encalada probó frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en 2003, Botero probó harina de tilapia en 1998, entre otros. Estos estudios realizados en el Centro de investigación y enseñanza avícola de Zamorano han dado buenos resultados en la disminución de costos mediante nuevas alternativas de alimentación. Sin embargo aún no se ha probado la combinación óptima de subproductos para sustituir las dietas comerciales caras y no se han establecido funciones de producción que ayuden a la toma de decisiones, al proyectar la cantidad de producto que se puede esperar con determinada combinación de insumos.

1.2.1 Alimentación de aves

El alimento que se proporciona a las aves debe ser científicamente balanceado para cumplir todos los requerimientos nutricionales. Normalmente se usan dos o tres formulas diferentes durante el periodo de vida del pollo de acuerdo con su edad (Vaca 1999).

Los ingredientes que pueden ser usados para la alimentación de las aves puede ser muy numerosos, el mayor o menor uso de ellos, depende de factores tales como la facilidad de conseguirlos en la zona, de su precio y de la calidad alimenticia de los componentes químicos que posee (Vaca 1999).

Las raciones para las aves se componen habitualmente de cereales, suplementados con ingredientes ricos en proteínas. Estos ingredientes son usualmente de origen vegetal – soya, leguminosas, etc.- pero ocasionalmente, se utilizan además harinas de origen animal. Las aves al igual que los mamíferos, no requieren “proteína bruta” en si misma, sino aminoácidos que son los elementos básicos para construir sus propias proteínas corporales (Pontes y Castello, 1995).

El maíz es un cereal cuyo empleo en alimentación animal no tiene ninguna restricción cuantitativa. La mayor parte del grano es almidón, cuyo contenido determina el alto valor energético de este cereal. Una de las virtudes de este producto es, precisamente su regularidad en el contenido de energía, aporte de fibra bajo y de alta digestibilidad (Pontes y Castello, 1995).

Según Pontes y Castello (1995), El grano de maíz está constituido por las siguientes fracciones:

- Tegumentos, que dan lugar al salvado: del 7 al 10%
- Aleurona, de naturaleza proteica: 8 al 10%

- Endospermo, que contiene almidón y proteína: 70 al 75%
- Germen, rico en grasa, proteína y vitaminas: 10 al 12%

El valor biológico de la harina de carne es inferior al que podría derivarse de su contenido analítico de aminoácidos, lo que podría deberse al tratamiento drástico usual de la harina por sus implicaciones sanitarias. También se presta a discusión la valoración energética, pero, tiene la particularidad ventajosa de su alto contenido en fósforo disponible, que mueve al alza su precio de oportunidad en las formulaciones a mínimo costo (Pontes y Castello, 1995).

La inclusión de Semolina de arroz en cantidades mayores del 5% puede determinar disminución en el consumo y consecuente menor crecimiento, probablemente por su contenido antitripsicos y lectinas. Su composición oscila entre 10 y 15% de proteína, 4 a 8% de fibra, 7 a 11% de cenizas y entre 11 y 16% de grasa, pero también puede presentarse en forma de producto desgrasado que no debería tener menos del 14% de proteína, ni más del 14% de fibra.(Pontes y Castello, 1995).

1.2.2 Función de producción

La cantidad de un bien que se produce en un proceso productivo determinado, depende de la cantidad y de la forma en que se combinen los insumos. La relación que describe la forma en que el producto depende de los insumos es lo que se llama función de producción (Blanco 1974).

Los matemáticos definen una “función” como la regla para asignar a cada valor de un grupo de variables “X” (el dominio de la función) un valor único de otro grupo de variables “Y” (el rango de la función) (Arias 2008).

En la práctica es imposible analizar el efecto de todos y cada uno de los insumos sobre “X”, dado su elevado número. Por eso, se suelen seleccionar de uno a tres insumos como objeto de análisis [...]. Los insumos no seleccionados (factores paramétricos) quedan ocultos en la función de producción (Ballesteros 1991).

Una función de producción informa acerca de la cantidad de producto que podemos esperar cuando combinamos los insumos de cierta manera. Una vez que se descubre una función de producción nos da información muy útil para que los agricultores y otros productores tomen sus decisiones (Bishop y Toussaint, 1982).

1.2.2.1 Ley de los retornos decrecientes. Si se añaden unidades sucesivas de un insumo a unidades constantes de otros insumos, finalmente se alcanzará un punto en que declina el aumento del producto por unidad adicional de insumo (Bishop y Toussaint, 1982).

Una característica de las aves explotadas para su consumo es que el rendimiento de la carne obtenida disminuye con la edad y además, cuánto más edad tiene el ave, su índice de conversión decrece con más rapidez. Es decir, que la relación entre la alimentación

consumida y la carne producida es la normal de los rendimientos decrecientes, o en términos económicos, los costos unitarios van aumentando por cada unidad de producto obtenida (Clayton 1969),

1.2.3 Selección de la función de producción

El punto de partida para el análisis de datos fue el uso de una regresión múltiple la cual nos dice que una variable respuesta “y” depende de la interacción de otras variables independientes $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. indicada por la siguiente fórmula:

$$Y = \beta_0 + \beta_{1x_1i} + \beta_{2x_2i} + \dots + \beta_{nxni} + e \quad [1]$$

Donde:

“y” es la variable respuesta o variable dependiente

$\beta_0 + \beta_{1x_1i} + \beta_{2x_2i} + \dots + \beta_{nxni}$ son los parámetros desconocidos

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ son los regresores o variables independientes

“e” es el error aleatorio

$i = 1, 2, \dots, n$. escribiendo el modelo para cada una de las observaciones (Arias, 2008).

Los parámetros tomados considerados al momento de elegir el mejor modelo son los especificados a continuación:

R^2 = Indica en cuanto el modelo explica la realidad. Mediante medir el grado de correlación entre las variables del modelo en la ganancia de peso de los pollos, esta aumenta a mayor número de variables.

R^2 Ajustado= Al igual que el R^2 indica en cuanto el modelo explica la realidad, sin embargo es un mejor indicador ya que este toma en cuenta el aporte de la última variable añadida y si la variable no aporta significancia estadística al modelo este se reduce.

P value= Este es un indicador de la probabilidad de cometer error tipo 2, es decir de afirmar como correcto algo que está errado.

T-value= Dice el grado de significancia de los coeficientes determinados para cada variable. menor a uno no es significativo, entre uno y dos es significativo y a más alto es el número en valores absolutos es mejor (Arias, 2008).

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la producción de pollos de engorde la alimentación representa el 70% de los costos de producción, lo que se haga para reducirlos redundará en un mayor beneficio económico; mejorar la producción con un costo de alimentación bajo repercutirá en una mayor rentabilidad de la explotación (Pontes y Castello 1995).

Los principales insumos de la alimentación de aves provienen de soya y maíz, estos también son utilizados para producción de alimentos para las personas y para la producción de fuentes alternativas de energía, por lo que su disponibilidad es limitada y encarecida, de lo anterior surge la necesidad de encontrar una dieta alternativa utilizando

subproductos locales y encontrar la combinación de estos insumos que refleje el óptimo económico, determinando una función de producción.

1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO

- Originalmente el diseño de la investigación no se realizó para determinar una función de producción, sino para evaluar dietas alternativas, por lo que los datos obtenidos no son los más apropiados
- El estudio está limitado a la línea Arbor Acres Plus, que es la línea de pollos de engorde usada en el ensayo de campo.
- Las condiciones ambientales y las características particulares del manejo de la parvada del Centro de Investigación y enseñanza Avícola de Zamorano.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General:

Determinar de una función de producción en pollos de engorde usando una dieta componentes locales.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Identificar la proporción de insumos: harina de carne, semolina de arroz y maíz, que maximiza la ganancia de peso en pollos de engorde.
- Derivar una función de producción que permita identificar niveles óptimos de harina de carne, semolina de arroz y maíz y que maximicen las utilidades.
- Hacer un análisis de costos de la dieta testigo (tratamiento uno) que permita la comparación con otras alternativas.
- Definir una dieta alternativa a las evaluadas, mediante la combinación de mejores dietas alternativas de acuerdo a cada etapa de producción.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se realizó entre julio y agosto de 2009, en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Ubicada en el Valle del Yeguaré, Francisco Morazán a 32 Km de Tegucigalpa, Honduras; con una temperatura promedio anual de 24 C, una precipitación anual de 1,100 mm y a una altura de 800 msnm.

Para el Experimento se utilizaron 3,192 pollos machos de la línea Arbor Acres Plus[®] x Ross[®], adquiridos en la empresa CADECA S.A. Los pollos fueron distribuidos en 56 corrales experimentales con dimensiones de 1.25 x 3.75 m. El clima del galpón se controló con criadoras de gas y ventiladores y cortinas en los costados del galpón. El alimento y agua fueron proporcionados *ad libitum* utilizando bebederos de niple y comederos cilíndricos, y fueron sometidos a un programa de 23 horas luz.

El experimento estuvo formado de 8 bloques (repeticiones) completos al azar, 56 unidades experimentales y 7 tratamientos. Se utilizaron 57 pollos por corral obteniendo una densidad de 12 pollos/m².

Las materias primas alternas evaluadas fueron: harina de carne y harina de camarón como fuentes proteicas y DDG, harina de coquito y semolina de arroz como fuentes energéticas. El engorde se realizó en tres etapas: Inicio, crecimiento y final.

Las variables analizadas fueron: Peso corporal (g/ave), al final de cada semana se pesaron 20 pollos por corral que representaron el 35% de la población. El consumo de alimento acumulado (g/ave), se determinó a partir de la diferencia entre el alimento ofrecido al inicio de cada semana y el rechazado al final de la misma para todos los corrales. El índice de conversión alimenticia (ICA), se calculó a partir de la relación del consumo de alimento acumulado entre el peso corporal de cada semana. La ganancia de peso semanal (g/ave), se calculó a partir de la diferencia del peso final de la semana y el peso inicial de la misma. La mortalidad (%), se medio diariamente para luego calcular el porcentaje de muertes semanales y acumuladas por corral.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con siete tratamiento y ocho repeticiones por tratamiento, los resultados se analizaron usando el Análisis de

Varianza (ANDEVA), utilizando el Modelo Lineal General (GLM), con ayuda del paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS® 2006). Se utilizó la diferencia de medias LS Mean con un nivel de probabilidad exigido de $P < 0.05$.

2.1.1 Tratamientos

Se formularon dietas satisfacen los requerimientos nutricionales de los pollos, sustituyendo parcialmente las fuentes de proteína y energía que son harina de soya y harina de maíz por los subproductos locales: Harina de carne, DDG, semolina de arroz, harina de coquito, harina de camarón.

A continuacion en los cuadros N° 1 se muestran las dietas de engorde usando materias primas alternas 2009, para la fase 1 (primeras dos semanas) de inicio de los pollos se puede observar que la mayor cantidad la representa el maíz y el aumento en cantidad de harina de carne y harina de coquito aumento de maner constante.

Cuadro 1. Dietas de engorde de inicio, materias primas alternativas

Ingredientes / (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Maíz	57.51	55.06	51.85	48.87	45.82	42.58	38.07
H. de Soya	33	28.8	25	21	17	13.2	9.5
H. Carne	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5
DDG	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
Semolina Arroz	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
H. Coquito	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
H. Camarón	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5
Carbonato Ca	1.38	1.11	0.85	0.57	0.3	0.03	0
Biofos®	1.58	1.26	0.95	0.63	0.31	0	0
NaCl	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Prem. Vit+Min	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos®	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60®	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Vegetal	5.5	5.7	6.25	6.8	7.4	8	9.2
DL-Metionina	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
Lisina	0.7	0.1	0.12	0.15	0.18	0.2	0.23
Costo/100lbs./L.	376.83	372.8	370.93	368.3	366.4	364.16	367.69

Fuente: Gernat y Murillo (2009) adaptado por el autor.

El cuadro N°2 a continuación contiene las dietas de crecimiento, se puede observar que es la misma formulación que las dietas de inicio, por lo que, los requerimientos nutricionales de los pollos se mantuvieron en las dos etapas.

Cuadro 2. Dietas de crecimiento, materias primas alternativas

Ingredientes / (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Maíz	57.51	55.06	51.85	48.87	45.82	42.58	38.07
H. de Soya	33	28.8	25	21	17	13.2	9.5
H.Carne	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5
DDG	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
Semolina Arroz	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
H. Coquito	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
H. Camarón	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5
Carbonato Ca	1.38	1.11	0.85	0.57	0.3	0.03	0
Biofos [®]	1.58	1.26	0.95	0.63	0.31	0	0
NaCl	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Prem. Vit+Min	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos [®]	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60 [®]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Vegetal	5.5	5.7	6.25	6.8	7.4	8	9.2
DL-Metionina	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
Lisina	0.7	0.1	0.12	0.15	0.18	0.2	0.23
Costo/100lbs./L.	376.83	372.8	370.93	368.3	366.4	364.16	367.69

Fuente: Gernat y Murillo (2009), adaptado por el autor.

El cuadro N°3 a continuación muestra las dietas de la atapa de crecimiento 3 o final, podemos ver que, en este punto hay variaciones en la composición de las diferentes dietas, las cantidades de maíz son mayores que en las etapas anteriores, esto debido a que el ave necesita más energía en esta tercera etapa. Además se puede ver que las cantidades de harina de carne y semolina de arroz aumentan a niveles constantes según cada dieta.

Cuadro 3 Dietas Final, materias primas alternativas

Ingredientes / (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Maíz	62.91	60.36	57.22	53.98	50.93	47.56	42.82
H. de Soya	28	23.7	19.8	16	12	8.1	4.4
H.Carne	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5
DDG	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
Semolina Arroz	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
H. Coquito	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9
H. Camarón	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5
Carbonato Ca	1.35	1.08	0.8	0.52	0.25	0	0
Biofos®	1.47	1.15	0.83	0.52	0.2	0	0
NaCl	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Prem. Vit+Min	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos®	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60®	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Vegetal	5.2	5.6	6.2	6.8	7.4	8.1	9.5
DL-Metionina	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
Lisina	0.11	0.15	0.17	0.2	0.23	0.25	0.28
Costo/100lbs./L.	366.08	3362.7	360.89	358.92	357.02	356.29	360.2

Fuente: Gernat y Murillo (2009), adaptado por el autor.

2.2 FASE DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La recolección de los datos antes mencionados del ensayo de campo se realizó, cada semana, los datos obtenidos fueron almacenados en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel. El análisis de las 336 observaciones obtenidas se hizo con el programa “Statistical Analysis System” (SAS), la hoja de cálculo “Microsoft Excel” y la herramienta “Statpro de Microsoft Excel”.

Un análisis preliminar se hizo con la herramienta “Statpro” para determinar la existencia o no de colinealidad en las observaciones. Entendiéndose como colinealidad, una tendencia en las observaciones causada porque una de las variables está contenida dentro de otra de las que se está analizando en la regresión.

Haciendo uso del programa SAS se corrieron 12 modelos, con diferentes combinaciones de Semolina de arroz, Harina de carne y Harina de maíz que son las tres variables bajo análisis. El análisis "SAS" mostro que combinaciones de Semolina y Harina de carne tienen un efecto negativo, por lo que, se decidió hacer un análisis más exhaustivo de las variables. Haciendo uso de la herramienta "Statpro", se corrieron modelos con combinaciones de harina de maíz y Semolina de arroz, luego combinaciones de harina de carne y harina de maíz, en este caso se encontró una sinergia fuerte entre la harina de maíz y harina de carne así mismo entre la harina de maíz y la Semolina de arroz.

Ante los resultados que la combinación harina de carne y semolina tienen en el modelo, se decidió correr modelos excluyendo la semolina de arroz, estos modelos resultaron ser los que mejor explican la realidad. Así, se eligió uno de estos modelos como el mejor de las características presentadas a continuación.

2.3 MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN FÍSICA

Al haber definido la mejor función de producción, se calculo la primera derivada parcial para las dos variables independientes maíz y harina de carne, pues se descarto la semolina. Despejando la variable K (Harina de carne) y luego esta derivada se igualo a cero. Luego se repitió el procedimiento para despejar la variable maíz. De esta forma se encontraron las cantidades de harina de carne y harina de maíz que maximizan la ganancia de peso de los pollos.

Ya teniendo las cantidades de los insumos para la máxima producción se determinó el óptimo económico para la ganancia de peso, para esto se calculó el producto físico marginal y se multiplicó por el precio de venta de los pollos vivos, dando como resultado el ingreso marginal, este ingreso marginal se igualo a el costo marginal para cada insumo y luego se igualo a cero, el resultado es el óptimo de uso de insumos para maximizar la ganancia económica.

2.3.1 Determinación de precio de insumos y productos

Respecto a los insumos los precios que se tomaron fueron los utilizados por zamorano al momento de hacer las dietas alternativas. Por otra parte se tomo como precio del pollo el provisto por la sección de aves, de acuerdo al precio que ellos reciben al vender los pollos vivos a Cadeca, a saber L. 9.50.

2.4 ANÁLISIS DE COSTOS Y DIETA PROPUESTA

Con base en los costos por dieta proporcionados por el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola, se determino el costo de la dieta uno, es decir el testigo, para los 42 días de ensayo. Por otra parte se calculo el costo de la misma dieta a los 38 días, momento en que los pollos alimentados con esa dieta alcanzan cuatro libras. El cálculo a las cuatro

libras se hizo a solicitud del centro antes mencionado, ya que este es el peso promedio buscado por el mercado Hondureño.

El costo se calculó multiplicando el costo del gramo de alimento por la cantidad de gramos necesarios para subir un gramo de peso y luego por el peso del pollo en cada semana. El costo se cálculo por fase de producción. Para sacar el costo total a los 42 días se sumo el resultado de cada semana, logrando de esta forma tener costos más exactos.

En el caso de el costo a las cuatro libras. Primero se determino que 1,816.00 gramos son 4 libras de peso por pollo, sabiendo esto, se dividió la ganancia de peso semanal entre siete (número de días de la semana) para tener el los gramos en promedio ganados por pollo por día, estos gramos por día se sumaron hasta determinar el número de días necesarios para que el pollo alcance los 1.816 o más gramos. De igual manera el alimento semanal se calculo para cada día y se multiplico por el costo, para encontrar el costo del alimento hasta el día que alcanza las cuatro libras (1,816 g.).

Como complemento al análisis antes mencionado se tomaron los costos más bajos de cada dieta de acuerdo a cada fase de producción de los pollos (inicio, crecimiento y final), con esta información se cálculo el costo de una dieta alternativa a las de el ensayo, que combinara las mejores dietas económicamente satisfaciendo los requerimientos nutricionales de los pollos y las necesidades del mercado. Se propone esta dieta y se presenta el ahorro que el uso de la misma represente para el productor.

Los cálculos de costos para esta dieta alternativa se hicieron en forma similar a la dieta uno.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ORDENAMIENTO DE DATOS

Los datos se ordenaron de manera cronológica y de acuerdo a cada dieta, estas dietas son diferentes tratamientos con distintos niveles de harina de carne, semolina de arroz y maíz cada una de se sirvió por 42 días a las aves. En primer lugar la dieta uno con sus 42 observaciones, para cada semana en que se tomo el dato y las 7 repeticiones por cada dieta. Este ordenamiento se hizo con el propósito de facilitar el análisis por parte del autor. Puesto que para el programa es indiferente el orden (en factor de tiempo) ya que hace un análisis de correlación horizontal y no vertical, por tanto se aseguró la correspondencia de los datos, estos es, la observación en peso corresponde a la cantidad del insumo consumido que se indica en esa fila en concordancia con la definición matemática de esa función.

El cuadro N° 4 muestra el ordenamiento de los datos observados en la fase de campo, tanto el peso como el consumo se presenta en gramos. Es importante señalar que el maíz representa ente el 70 y el 98% de los insumos que se analizan, por lo que absorbe el efecto de la semolina, resultando en la colinealidad descrita anteriormente. Así mismo es importante mencionar que el total de datos que se corrieron tanto en “SAS” como en “Statpro” fue de 336.

Cuadro 4. Ordenamiento de los datos para correr en “SAS” y “Statpro”.

PESO (g.)	HCARNE (g.)	MAÍZ (g.)	SEMOLINA (g.)
98.01	1.76	71.66	2.11
100.28	1.69	69.14	2.03
100.28	1.80	73.44	2.16
100.28	1.70	69.46	2.04
102.55	1.87	76.45	2.25
104.82	1.95	79.54	2.34
104.82	1.78	72.55	2.13
113.90	1.81	74.01	2.18
318.20	5.28	215.62	6.34
322.74	5.08	207.45	6.10
329.55	4.94	201.36	5.92
331.82	4.78	195.06	5.74
343.17	4.57	186.61	5.49
349.98	4.82	196.77	5.79

3.2 DESARROLLO DEL MODELO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

Una “función” es la regla para asignar a cada valor de un grupo de variables “X” (el dominio de la función) un valor único de otro grupo de variables “Y” (el rango de la función), esto significa que se establece la relación, o las cantidades de las variables “X” necesarias para la producción de la variable “Y”.

El modelo desarrollado y seleccionado permite determinar las proporciones óptimas de los insumos para maximizar la producción y maximizar las ganancias, tomando en cuenta el precio del producto así como los costos de los insumos bajo análisis.

Los criterios usados para determinar la utilidad o no de los modelos fueron: R^2 , R^2 ajustado, T-value, P-value y signos de los coeficientes de las variables, cuyo significado se explica en la revisión de literatura y antecedentes.

3.2.1 Modelos evaluados

En el programa SAS se corrieron 12 modelos, usando harina de carne, harina de maíz y semolina de arroz como las variables independientes y ganancia de peso como variable dependiente en el estudio, al analizar los resultados de estos modelos se notaron anomalías, ya que, ni uno de estos modelos mostraban valores significativos en los parámetros usados para determinar de la función de producción. Como ser: T- values, P- values y signos de los coeficientes de las variables.

Ante los resultados obtenidos con el programa “SAS”, se pasó a hacer uso de la herramienta “Statpro de Microsoft Excel”, ya que esta herramienta permite análisis más detallado y dinámico, se corrieron 23 modelos en “Statpro” obteniendo el mismo resultado al usar Semolina de arroz, Harina de carne y maíz, mostrando que no existe sinergia en la combinación de Harina de carne (K) y Semolina de arroz (S).

El cuadro N° 5 a continuación muestra uno de los modelos obtenidos con la herramienta “Statpro”, en el que se muestra el efecto de colinealidad entre Semolina de arroz y harina de carne. Se puede observar en los parámetros de decisión de la función de producción, pues, aunque el R^2 y R^2 Ajustado tienen un alto nivel explicativo se puede ver que el T-value del maíz es el único excelente con 11, la combinación maíz y Semolina tiene un T-value aceptable de 1.39, pero el resto de variables evaluadas no tienen significancia estadística.

Cuadro 5. Resultados de regresión usando maíz, semolina y harina de carne.

Results of multiple regression for PESO						
Summary measures						
Multiple R	0.9403					
R-Square	0.8841					
Adj R-Square	0.8816					
StErr of Est	260.567					
ANOVA Table						
Source	Df	SS	MS	F	p-value	
Explained	6	145557129	24259522	357.3	0	
Unexplained	281	19078538	67895.153			
Regression coefficients						
	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	-86.3237	48.2938	-1.7875	0.0749	-181.38	8.739
HCARNE	5.7864	6.8695	0.8423	0.4003	-7.7358	19.3
HCARNE ²	0.0208	0.0317	0.6575	0.5114	-0.0415	0.083
MAIZ	2.691	0.2283	11.7849	0	2.2415	3.14
MAIZ ³	0.000001	0	0.1965	0.8443	0	0
MAIZ*SEMOLINA	0.006	0.0043	1.3911	0.1653	-0.0025	0.014
SEMOLINA	-4.1556	5.7645	-0.7209	0.4716	-15.502	7.191

Fuente: El autor

3.2.2 Función de Producción y máximos físicos para el modelo no seleccionado

La función de producción determinada por el modelo anterior muestra variables no significativas en una función que no es la adecuada, se puede observar que los T-values, que se expresan bajo cada valor para una mejor comprensión, son poco significativos. La función es la siguiente:

$$Y = -86.3237 + 5.7864K + 0.0208K^2 + 2.6910M + 0.000001M^2 + 0.006MS - 4.1556S \quad [2]$$

(0.8423) (0.6575) (11.84) (0.1965) (1.3911) (0.7209)

El cuadro N° 6 muestra el detalle de los elementos de la función de producción del modelo desechado.

Cuadro 6. Elementos de la función del modelo no seleccionado.

Variables	Conceptos
Y	Ganancia de peso en gramos por ave
-86.3237	Intercepto
K	Harina de carne
K ²	Harina de carne al cuadrado
M	Maíz
M ²	Maíz al cuadrado
MS	Maíz por semolina
S	Semolina
5.7864, 0.0208, 2.6910, 0.000001, 0.006, 4.1556	Coefficientes para las variables

Fuente: El Autor

A continuación se presentan las cantidades para el máximo de producción física obtenidas a partir de la función de producción del modelo no seleccionado.

$$\frac{\partial y}{\partial K} = 0 \quad [3]$$

Donde:

∂y = Derivada de la función de producción original.

∂K = derivada parcial para el insumo harina de carne.

El producto físico marginal de harina de carne (K) se iguala a cero:

$$\text{Ecuación 3} = 5.7864 + 0.0416K = 0$$

$$K = \frac{-5.7864}{0.0416} = -139.10$$

El valor obtenido para la harina de carne (K) es negativo, es decir, completamente ilógico.

A continuación se pueden observar la primera derivada parcial de producción para M (harina de Maíz).

$$\frac{\partial y}{\partial M} = 0 \quad [4]$$

Donde:

∂y = Derivada de la función de producción original.

∂M = derivada parcial para el insumo harina de maíz.

El producto físico marginal de harina de Maíz (M) se iguala a cero:

$$\text{Ecuación 4} = 2.6910M + 0.000003M^2 + 0.006 = 0$$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad [5]$$

$$\text{Ecuación 5} = \frac{-2.697}{0.000003} = \sqrt{-948.156} = M$$

En el caso del maíz, se puede ver que al momento de despejar la variable, da un valor negativo al que se debe sacar raíz cuadrada, lo cual no se puede, nuevamente es un valor ilógico.

A continuación se pueden observar la primera derivada parcial de producción para S (semolina de arroz).

$$\frac{\partial y}{\partial S} = 0 \quad [6]$$

Donde:

∂y = Derivada de la función de producción original.

∂S = derivada parcial para el insumo semolina de arroz.

El producto físico marginal de semolina de arroz (S) se iguala a cero:

$$\text{Ecuación 6} = 0.006 - 4.1556 = 0$$

$$S = 0.006 - 4.1556 = -4.1456$$

Respecto a semolina se obtuvo un valor negativo, lo cual también es ilógico.

Dado los resultados **-139.10K**, $\sqrt{-948.156M}$, **-4.1456S** obtenidos en el proceso de optimización del modelo anterior, se puede ver que, son todos valores no significativos, por lo tanto se descarta, quedando demostrado que este modelo con parámetros estadísticamente no significativos no puede optimizarse.

3.2.3 Modelo seleccionado

Ante el efecto de colinealidad en la combinación de Semolina de arroz y harina de carne, se corrieron modelos usando solo maíz y Semolina o solo maíz y carne. El mejor modelo resulto de la eliminación de remolina y es el presentado a continuación. En el que podemos observar los valores de los parámetros de decisión, que son: R^2 de 0.8989 y un R^2 Ajustado de 0.8977 (el modelo explica en 89.77% la realidad), todos los valores de significancia de estadística (t-value) son mayores a dos, lo que es excelente, además el p-value es menor al parámetro de 0.05 indicando la baja probabilidad de cometer error tipo II al afirmar algo que es incorrecto.

El efecto de la semolina se explica como resultado de colinealidad entre las variables, ya que el maíz representa entre el 70 y el 98% del total de elementos analizados en el presente estudio, así, el efecto de la semolina está contenido dentro del efecto del maíz.

El cuadro N° 7 muestra el modelo seleccionado, en este se puede observar la diferencia en las significancias de las variables cuando se omite el uso de semolina.

Cuadro 7. Modelo de regresión a partir de harina de carne y maíz

Results of multiple regression for PESO						
Summary measures						
Multiple R		0.9481				
R-Square		0.8989				
Adj R-Square		0.8977				
StErr of Est		240.4699				
ANOVA						
Table						
Source	Df	SS	MS	F	p-value	
Explained	4	170168625	42542156	735.6953	0	
Unexplained	331	19140334	57825.783			
Regression coefficients						
	Coefficient	Std Err	t-value	p-value	Lower limit	Upper limit
Constant	115.9398	25.5345	4.5405	0	65.709	166.17
HCARNE ²	0.1719	0.032	5.37	0	0.1089	0.2349
HCARNE ³	-0.0012	0.0004	-3.3385	0.0009	-0.002	-0.0005
MAIZ ²	0.0075	0.0005	15.9139	0	0.0066	0.0084
MAIZ ³	-0.0000055	0	-8.7287	0	0	0

Fuente: El autor

La figura N°1. A continuación, muestra el análisis de residuales del modelo seleccionado, se observa que los datos están distribuidos de forma uniforme lo que descarta la posibilidad de colinealidad y/o heteroscedasticidad ahora que se elimino la variable semolina de arroz.

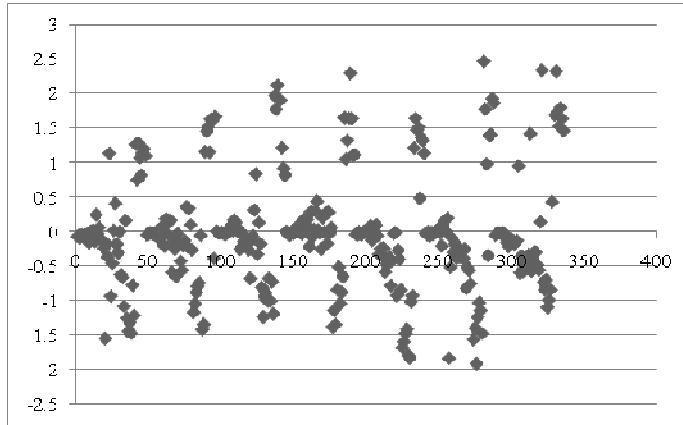


Figura 1. Residuales del modelo seleccionado para la función de producción
Fuente: El autor

3.2.4 Función determinada

$$Y = 115.9398 + 0.1719K^2 - 0.0012K^3 + 0.0075M^2 - 0.0000055M^3 \quad [7]$$

(5.3700) (3.3385) (15.9139) (8.7287)

Esta función indica que 115. 9398 g., se pueden adjudicar al efecto de el resto de componentes de la dieta, así mismo indica las cantidades de de cada insumo bajo análisis que mejor describe la ganancia de peso de los pollos y se puede observar los “valores T”, estadísticamente significativos mostrados bajo cada coeficiente.

El cuadro N° 8 a continuación presenta el detalle de los elementos de la función de producción.

Cuadro 8. Variables de la función seleccionada para pollos de engorde

Variables	Conceptos
Y	Ganancia de peso en gramos por ave
115.9398	Intercepto
K ²	Harina de carne al cuadrado
K ³	Harina de carne al cubo
M ²	Maíz al cuadrado
M ³	Maíz al cubo
0.1719, -0.0012, 0.0075, -0.0000055	Coefficientes para las variables

Fuente: El autor

La función determinada como la que mejor explica la correlación entre consumo de los insumos y la ganancia de peso, es cuadrática más cúbica. Esto se debe a que el maíz representa entre 70 a 98% de las variables bajo análisis, por lo que el efecto de la semolina es absorbido por el maíz. Por otra parte al momento en que maíz y harina de carne actúan en la dieta, ya se ha alcanzado el primer punto de inflexión.

3.3 OPTIMA PRODUCCIÓN FÍSICA

El cambio en gramos de peso por pollo, obtenido por un cambio incremental en la utilización de insumo (harina de carne y maíz) es el producto físico marginal (PFM). Para encontrar el punto donde la función de producción llega a su máximo se desarrollo un sistema de ecuaciones algebraicas, mediante estas, se estableció el punto en que la función de producción logra su máximo valor, este punto se logra cuando el producto físico marginal ($\Delta y/\Delta x$) lo que representa la pendiente de la curva de producción o tasa de cambio es igual a "0" en la función de ganancia de peso del pollo. Esto significa que el PFM es cero en el punto de máximo ganancia de peso y es negativo a niveles mayores.

A continuación se pueden observar la primera derivada parcial de producción para K (harina de carne). De la ecuación 7.

$$\frac{\partial y}{\partial K} = 0 \text{ [8]}$$

Donde:

∂y = Derivada de la función de producción original.

∂K = derivada parcial para el insumo harina de carne.

El producto físico marginal de harina de carne (K) se iguala a cero:

$$\text{Ecuación 8} = 0.3438K - 0.0036K^2 = 0$$

$$\frac{-0.3438 - 0.3438}{-0.0072} = K$$

$$K = \frac{-0.6876}{-0.0072} = 95.5\text{g.}$$

Para maximizar la producción se debe usar 95.5 g. de K (harina de carne) por cada ave, esta cantidad se debe suministrar a lo largo de las tres etapas de producción de los pollos, asegurando que se llene los requerimientos nutricionales de cada animal.

Ahora se presenta el producto físico marginal de maíz (M) y se iguala a cero:

Ecuación 7

$$\frac{\partial y}{\partial M} = 0 \quad [9]$$

Donde:

∂y = Derivada de la función de producción original.

∂M = derivada parcial para el insumo maíz.

$$\text{Ecuación 9} = 0.015M - 0.0000165M^2 = 0$$

$$\frac{-0.015 - 0.015}{-0.000033} = M$$

$$M = \frac{-0.03}{-0.000033} = \mathbf{909.090 \text{ g.}}$$

La cantidad de maíz que maximiza la producción física (ganancia de peso por pollo), es 909.090 g., esta cantidad de maíz se debe distribuir en las etapas de producción del pollo, de acuerdo los requerimientos nutricionales de cada etapa o fase.

La cantidad para maximizar la producción física se encuentra sustituyendo los valores encontrados de K y M en la función original como se muestra a continuación:

$$Y = 115.9398 + 0.1719(95.5)^2 - 0.0012(95.5)^3 + 0.0075(909.09)^2 - 0.0000055(909.09)^3$$

$$Y = 115.9398 + 1567.7709 - 1045.1806 + 6198.3347 - 4132.2190 = \mathbf{2705 \text{ g.}} \text{ aprox.}$$

La máxima producción física es de 2705 gramos, lo que es igual a 5.9581 lbs. de peso por pollo. Si se agregara una cantidad mayor de los insumos antes mencionados, se llegaría a un punto de retornos marginales decrecientes, donde la ganancia de peso ya no paga la cantidad de alimento consumido, resultando en pérdidas para el productor.

3.4 ÓPTIMA PRODUCCIÓN ECONÓMICA

Para encontrar la óptima producción económica, se encontró el valor del producto físico marginal (VPM), es decir la primera derivada de la función con respecto a cada insumo y se multiplicó por el precio del producto e igualado al costo marginal, es decir el costo del insumo necesario para producir una unidad adicional.

Partiendo de la función de ganancias que se muestra a continuación:

$$\Pi = P_y * Y - PK - PM \quad [10]$$

A continuación se muestra los productos físicos marginas para los la harina de carne (K) y maíz (M), luego son igualados al costo marginal del insumos ya mencionados.

Optima producción económica para harina de carne (K):

$$\frac{\partial y}{\partial K} * P_y = VPM_N \quad [11]$$

Donde:

Π = Ganancias

∂y = Derivada de la función original.

∂K = Derivada parcial de la función con respecto a K (harina de carne).

P_y = Precio del producto (gramo de peso vivo de pollo).

VPM_N = Ingresos marginales.

$$\text{Ecuación 11} = (0.3438K - 0.0036K^2) * L. 0.02092511 = L. 0.0106$$

$$= -0.00007533K^2 + 0.007194052K - 0.0106 = 0$$

$$\text{Ecuación 5} = \frac{-0.007194052 \pm \sqrt{0.007194052^2 - 4(-0.00007533)(-0.0106)}}{2(-0.00007533)} =$$

$$K = \frac{-0.007194052 \pm 0.006968501}{2(-0.00007533)} =$$

$$K = \frac{-0.007194052 \pm 0.006968501}{-0.00015066} = \frac{-0.014159062}{-0.00015066} = \mathbf{93.98 \text{ g.}}$$

La cantidad óptima para maximizar ganancias es usar 93.98g. de harina de carne, nuevamente distribuido a lo largo del ciclo de producción del pollo. Se puede notar que, es una cantidad muy similar máximo de producción física, esto se debe a que a las 6 semanas los pollos aun no alcanzan el punto de retornos marginales decrecientes, es decir, la ganancia de peso por cada gramo de alimento aun paga el costo de ese último gramo consumido.

A continuación se observa el punto de producción óptima económica para maíz (M).

$$\Pi = \frac{\partial y}{\partial M} * P_y = VPM_N \quad [12]$$

$$\frac{\partial M}{\partial M}$$

Donde:

Π = Ganancias

$\frac{\partial y}{\partial M}$ = Derivada de la función original.

$\frac{\partial M}{\partial M}$ = Derivada parcial de la función con respecto a M (maíz).

P_y = Precio del producto (gramo de peso vivo de pollo).

VPM_N = Ingresos marginales.

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial M} &= (0.015M - 0.0000165M^2) * L. 0.02092511 = L. 0.00568 \\ &= -0.000000345M^2 + 0.000313876M - 0.00568 = 0 \\ \text{Ecuación 5} &= \frac{-0.000313876 \pm \sqrt{0.000313876^2 - 4(-0.000000345)(-0.00568)}}{2(-0.000000345)} = \end{aligned}$$

$$M = \frac{-0.000313876 \pm 0.000301662}{2(-0.000000345)} =$$

$$M = \frac{-0.00018337 - 0.000301662}{-0.00000069} = \frac{-0.000605538}{-0.00000069} = \mathbf{892.08 \text{ g.}}$$

La cantidad de gramos de maíz que maximizan las ganancias son 892.08 gramos, se puede ver que es muy similar a la cantidad que se necesita para la máxima producción física, esto es por las razones ya mencionadas respecto a la harina de carne.

La cantidad de producción física para maximizar las ganancias se encuentra sustituyendo los valores encontrados de K y M en la función original como se muestra a continuación:

$$Y = 115.9398 + 0.1719(93.98)^2 - 0.0012(93.98)^3 + 0.0075(892.08)^2 - 0.0000055(892.08)^3$$

$$Y = 115.9398 + 1518.2621 - 996.0647 + 5968.5504 - 3904.5779 = \mathbf{2702 \text{ g.}}$$

La máxima producción física es de 2702 gramos, lo que es igual a 5.951 lbs. de peso por pollo.

Se puede observar que es la misma cantidad que maximiza la producción, esto se debe a que, a las seis semanas que se monitorearon los pollos aun están en proceso de crecimiento, es decir, el costo de cada gramo consumido de alimento aun es pagado con el incremento en peso que experimenta. Por lo que máxima producción es muy similar a el punto de máximas ganancias.

3.5 ANÁLISIS DE COSTOS

3.5.1 Costos dieta uno (testigo)

Se efectuó el análisis de costos para la dieta uno con el propósito de conocer las diferencias, si las hay, con respecto a las otras 6 dietas evaluadas.

En el cuadro N° 9 muestra las variaciones en los costos de alimentación totales de acuerdo a cada semana, el consumo semanal de alimento y el costo por gramo para cada semana. Se observa que, en promedio cuesta L. 0.0499 el gramo de alimento y los pollos consumieron 6,525 gramos de alimento en los 42 días lo que da un costo total de la dieta de L. 53.3243. Con un promedio de L. 9.8310.

Cuadro 9. Costo en L. por pollo y por libra a los 42 días de la dieta uno (testigo).*

Concepto/ semana	1	2	3	4	5	6	Costo Total
Consumo de alimento semanal (g.)	144.1	373	734.9	1160.2	1697.5	2415.3	
Costo del gramo de alimento por semana (L.)	0.0086	0.0086	0.0083	0.0083	0.0081	0.0081	
Costo semanal por pollo (L.)	1.2348	3.1964	6.0998	9.6299	13.687	19.475	53.32/ Pollo
Costo por libra por semana	5.5617	6.4611	8.1379	11.6572	11.809	15.358	9.831 Prom/ lb.

Fuente: El autor

*Tasa de cambio utilizada para todo el estudio = 18.8951

La figura N° 2, muestra la evolución de los costos marginales por libra de la dieta uno a lo largo de las 6 semanas, así mismo muestra el costo promedio de la misma dieta. Se puede observar que los costos se incrementan en cada semana, esto se debe al aumento en el consumo por parte de los pollos. Como resultado se obtiene un costo promedio por libra de L.9.831.

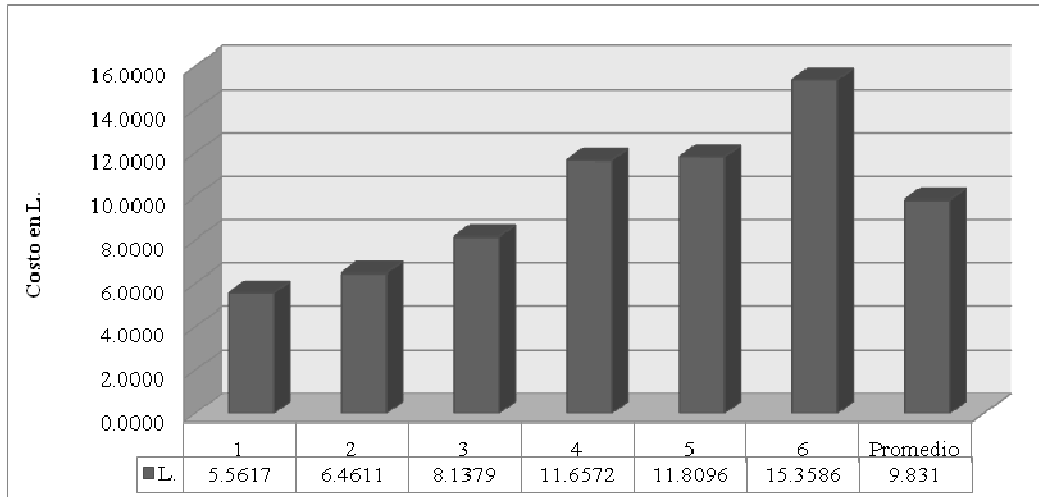


Figura 2. Costo semanal y costo promedio por pollo en dieta uno.

Fuente: El autor

El cuadro N° 10, muestra el costo de la dieta uno a las 4 libras de peso por ave. Se puede ver que los costos se incrementan en cada etapa de crecimiento del pollo, debido a que requieren mayor cantidad de alimento para subir un gramo de peso. Se observa también, que los costos a las cuatro libras son mayores, confirmando que a medida que el peso del ave se aleja del punto de óptima producción económica es más caro producir. Así, los costos mínimos están en el punto indicado por la función de producción.

Cuadro 10. Costo en L. de la dieta uno a las 4 libras por pollo.

Fase	Costo
Inicio	4.43
Crecimiento	15.73
Final	22.03
Total por pollo	42.2
Costo por libra	10.44

Fuente: El autor

3.5.2 Costos de la dieta propuesta como “ideal”

El cuadro N° 11 a continuación muestra los costos por cada gramo de peso ganado en cada fase de crecimiento del pollo. Estos se calcularon dividiendo el costo total de los gramos de alimento consumido entre la cantidad de gramos de peso ganado por el pollo, obteniendo el costo por gramo de peso incremental.

Se pueden notar los costos mínimos por dieta para cada etapa resaltados en negrita. Siendo los menores costos para la fase de inicio la dieta cuatro con L. 0.01299465/g., para la fase de crecimiento la dieta tres con L. 0.0208849/g. y para la fase final la dieta uno con L. 0.030096/g.

Cuadro 11, Costos en L. por gramo de peso ganado según cada dieta en cada fase.

Tratamiento/Fase	Inicio	Crecimiento	Final
T1	0.01361779	0.022028	0.03009647
T2	0.01334306	0.0209595	0.03160362
T3	0.01349613	0.0208849	0.03054963
T4	0.01299465	0.0213532	0.03121926
T5	0.01367942	0.0213	0.03242493
T6	0.01360421	0.0225211	0.03130295
T7	0.01463699	0.0225599	0.03225187

Fuente: El autor

El cuadro N° 12 muestra los costos a los 42 días de la dieta propuesta como ideal, que resulta de la combinación los menores costos por fase de las siete dietas del ensayo. El costo es L. 54.643 por pollo, la dieta uno que tubo los costos menores pero también pesos menores a lo 42 días. Como se ve en el costo por libra que es L. 9.681. hay una diferencia de L. 0.15 por libra de pollo producido con respecto a la dieta uno. Esta disminución en costos representa L. 2154.6 para un galpón de ensayo con 3192 aves, como los manejados por Zamorano.

Cuadro 12. Dieta propuesta usando diferentes tratamientos. Costo a los 42 días.

Fase/concepto	Costo/g.	G. ganados/fase	Costo/fase	Costo/Lb.	# tratamiento
Inicio	0.012995	357.6	4.6468885	5.89957	T4
Crecimiento	0.02088	806	16.8332	9.48173	T3
Final	0.030096	1101.9	33.1633	13.6638	T1
Total	0.06398	2265.5	54.64338	9.6817Prom/Libra	

Fuente: El autor.

El cuadro N° 13 a continuación muestra el costo a las cuatro libras de peso por pollo (1854.29 g.). El nuevo costo a cuatro libras esta resaltado en negrita y es de L. 40.1182, lo que representa L. 1.958 menos que la dieta tres que tubo los costos menores, para llegar a este peso fue necesario 37 días. Este costo se calculo multiplicando el costo por gramo ganado por el número de gramos ganados en cada semana.

Cuadro 13. Costos en L. a cuatro libras para la dieta propuesta.

Fase	Costo	Tratamiento
Inicio	4.64688855	Trt4
Creci	16.8331956	Trr3
Final	18.6381222	Trt1 (10 Días)
Total	40.1182063	“ideal”
Costo por Libra	9.82	

Fuente: El autor

En la figura N° 3 podemos observar la comparación entre los costos de la dieta propuesta como “ideal” y los costos de las siete dietas del ensayo, claramente se ve en la barra número ocho, la diferencia entre la dieta propuesta y las otras dietas a las cuatro libras.

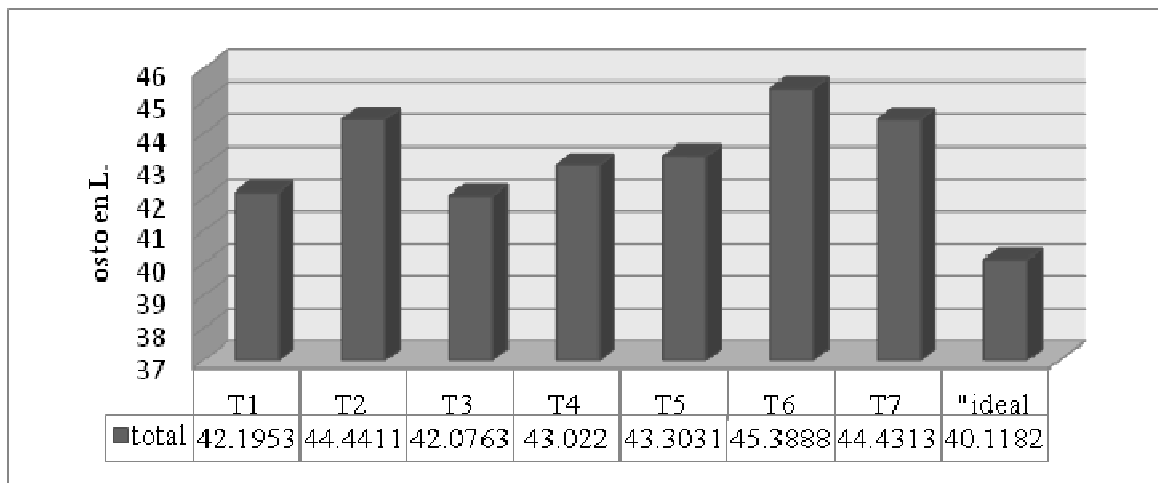


Figura 3. Gráfica de costos para las dietas del ensayo y la dieta propuesta (“ideal”).

Fuente: El autor

4. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de la función de producción, se requieren 95.50g. de harina de carne y 909.09g. de maíz para obtener el máximo de producción posible, que es 2,705.00 g. (5.958 lbs.) por pollo.

De acuerdo con la función de ganancias, la cantidad requerida para maximizar las ganancias es 93.98g. de harina de carne y 892.08g. de maíz, que es 2.702.00 g. (5.951lbs.) de pollo.

El costo por libra de las dietas disminuye a medida que aumenta el peso del pollo, por lo que el costo es mayor a las cuatro libras.

Existe una dieta óptima, la cual resulta de la combinación de los tratamientos: 4 en la fase de inicio, 3 en la fase de crecimiento y 1 en la fase final.

5. RECOMENDACIONES

Realizar un ensayo diseñado para determinar una función de producción

Realizar un ensayo en el que se evalúe la dieta “ideal” propuesta en este estudio, para validar los costos y evaluar el efecto fisiológico en el pollo de los insumos y cantidades propuestas en el presente estudio.

6. LITERATURA CITADA

Agudelo, D; Cerón, M; Restrepo, L. CO. 2008. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. (en línea). Medellín, CO. Consultado 20 sep. 2009. Disponible en rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/272/269

Arias, F. 2008. Economía de la producción. Guía de estudio. Valle del Yeguaré, Universidad Zamorano. Honduras.

Avicolatina, CR. 2007. Sector Avícola en Honduras (en línea). San José, CR. Consultado 15 sep. 2009. Disponible en www.avicolatina.org/boletin/ala43/popup43/honduras.doc

Bishop, CE; Toussaint, WD. 1982. Introducción al análisis de economía agrícola. Producción y oferta. Trad. MA Cuadra. Chapingo. MX. Editorial Limusa. p. 44.

Clayton, E. 1969. Economía de la industria avícola. Economía de la producción de carne de ave. Trad. A Gonzalez; AA Nicandro. Zaragoza, ES. Editorial Agribia. p. 112-14.

Pérez, J. 1997. Uso de harina de coquito en dietas para ponedoras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 23 p.

Pontes, M; Castello, JA. 1995. Alimentación de las aves. Alimentos de carácter energético; Alimentos proteicos de origen animal; Subproductos e ingredientes de elaboración industrial. Barcelona ES. Real escuela de avicultura. p. 221, 264, 273.

Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN. 2009. SAG plantea nuevos retos para el 2009 (en línea). Tegucigalpa, HN. Consultado 26 sep. 2009. Disponible en http://www.sag.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=2126&Itemid=116

7. ANEXOS

Anexo 1. Croquis del galpón en que se realizo el ensayo

Bloque	# Corral	# TRT		Bloque	# Corral	# TRT
8	56	3		1	1	1
	55	7			2	2
	54	5			3	3
	53	4			4	4
	52	2			5	5
	51	1			6	6
	50	6			7	7
7	49	5		2	8	2
	48	7			9	7
	47	1			10	1
	46	3			11	3
	45	2			12	5
	44	6			13	4
	43	4			14	6
6	42	4		3	15	5
	41	6			16	1
	40	5			17	6
	39	7			18	4
	38	2			19	3
	37	3			20	2
	36	1			21	7
5	35	4		4	22	7
	34	2			23	6
	33	6			24	4
	32	7			25	3
	31	5			26	2
	30	3			27	1
	29	1			28	5

Fuente: El autor

Anexo 2. Costos por libra por semana por cada dieta del ensayo.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	5.561717	6.461071	8.137889	11.657175	11.80959	15.3586
T2	5.173738	6.454443	8.812165	10.006481	13.48768	15.0962
T3	5.280068	6.507159	8.648451	10.083842	13.51236	14.2047
T4	5.086534	6.270341	8.346799	10.741265	12.66224	15.6558
T5	5.270111	6.641237	8.80034	10.291231	12.72472	16.3732
T6	5.330897	6.565691	9.075318	11.080688	15.37455	13.3988
T7	5.409676	7.23958	9.073535	11.116228	13.23216	16.0144

Fuente: El autor

Anexo 3. Costos por fase para cada dieta del ensayo

tratamiento	Inicio	crecimiento	final	Promedio
T1	6.01139	9.89753	13.5841	9.831
T2	5.81409	9.40932	14.2919	9.83845
T3	5.89361	9.36615	13.8586	9.7061
T4	5.67844	9.54403	14.159	9.79383
T5	5.95567	9.54579	14.5489	10.0168
T6	5.94829	10.078	14.3867	10.1377
T7	6.32463	10.0949	14.6233	10.3476

Fuente: El autor