

## CAMBIO DEL PROGRAMA DE ALIMENTACION EN EL POLLO DE ENGORDE Y SU EFECTO ECONOMICO EN EL TIEMPO Y PESO DE MERCADO.

HERNANDO OCHOA TORO<sup>1</sup>  
FABIAN RAMIREZ LONDOÑO<sup>2</sup>

### RESUMEN

*Los avicultores tradicionalmente toman decisiones sobre peso y tiempo de salida al mercado sin tener una base económica sólida.*

*Con el presente trabajo y empleando funciones de producción se pretendió suministrar a aquellos los elementos económicos apropiados. Para tal efecto se empleó un diseño completamente al azar con dos tratamientos, el tradicional con cambio de programa a los 28 días y uno alternativo con cambio a los 21 y 3 replicaciones.*

*El ensayo se realizó en las instalaciones de investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.*

*En cada corral se alojaron 30 pollos con igual proporción de hembras y machos de la línea Arbor Acres.*

*Utilizando las funciones de producción se obtuvieron los ingresos netos de cada programa, siendo superior en un 12% el del cambio a los 21 días y con un peso mayor, no importando que con el cambio a los 28 días las aves salen dos días antes.*

***Palabras clave: cambio de programa de alimentación, engorde pollos, peso de mercado, óptimo económico.***

- 
- 1 Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Apartado 568.
  - 2 Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Apartado 568.

ABSTRACT

**FEEDING PROGRAMS CHANGE FOR BROILER AND ITS ECONOMIC EFFECT ON MARKET WEIGHT AND TIME**

*Bird keepings, usually take decision about weight and marketing time without an economic base. With this work, using production functions methodology it is possible to find those economic tools for taking decisions. the experiment was a complete randomized design with two treatments. The traditional changing feed at 28 days, and the alternative changing feed at 21 days. Each program was replicated three times, 30 birds Arbor Acres line. The experimet was located in the Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín research facilities. The alternative results were better: net income 12% higher, and birds heavier, however, the marketing time with the traditional program was two days less.*

**Key words: broilers, feeding program, broiler fattening, market weight, market time, economic optimum.**

INTRODUCCION

El peso y tiempo óptimos de mercado pueden estar afectados por el cambio en el programa de alimentación al suministrar el alimento finalizador, el cual es menos proteico y por ende más barato, antes de los 28 días que es lo acostumbrado comercialmente.

Se han utilizado diferentes modelos de insumo-producto con el objeto de obtener el peso y tiempo óptimos de mercado en pollos de engorde. Heady and Dillon (1966), estudiando el efecto de la proteína y los carbohidratos en el peso del pollo emplearon funciones de tipo cuadrático, exponencial y raíz cuadrada entre otros. Así mismo, Ramírez y Ochoa (1976) establecieron diferentes selecciones con el mismo objetivo.

Con el presente trabajo se pretende determinar el efecto del cambio en el programa de alimentación en los pesos y tiempo óptimos de mercado en pollos de engorde.

REVISION DE LITERATURA

En el engorde de pollos existen diferentes programas de alimentación tales como los que se detallan a continuación.

PROGRAMAS DE ALIMENTACION PARA ENGORDE DE POLLOS

En la alimentación de pollos de engorde se utilizan varios programas que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Programa de alimentación en pollos de engorde.

Nombre de la ración	Programa de dos raciones (días)	Programa de tres raciones (días)
Iniciación	0 - 24	0 - 24
Crecimiento		25 - 40
Finalización	25 - mercado	41 - mercado

Fuente: North (1986), p. 679.

También el mismo autor reporta que teóricamente la dieta del pollo de engorde debe contener alrededor del 24% de proteína las dos primeras semanas y después disminuir cada semana como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Diferentes porcentajes de proteína de acuerdo a las etapas de engorde del pollo.

Semana	Proteína en la ración (%)
1	24
2	24
3	23
4	22
5	21
6	20
7	19

Fuente: North (1986), p. 686.

Sin embargo, no es práctico efectuar tantos cambios en la dieta debido a que se causa stress en las aves, afectando el consumo de alimento y por ende el peso de las mismas. Por tanto, es más conveniente emplear un programa de alimentación que solo incluya dos o tres raciones que contengan diferente porcentaje de proteína, siendo mayor al principio del crecimiento de las aves y disminuyendo en las otras etapas

como se muestra en la Tabla 3. Este cambio se efectúa debido a que en la iniciación se requiere un mayor porcentaje de proteína para la formación de músculos, en cambio en la finalización se necesita mayor cantidad de energía para el desarrollo de ellos.

Tabla 3. Programas de alimentación y porcentajes de proteína y energía metabolizable en las diferentes etapas de crecimiento en pollos de engorde.

Programa de alimentación	Edad de los pollos (días)	Proteína en la ración (%)	Energía Metabolizable
Dos raciones:			
- iniciación	0 - 24	23 - 24	3.190
- crecimiento	25 - mercado	20 - 21	3.300
Tres raciones:			
- iniciación	0 - 24	23 - 24	3.190
- crecimiento	25 - 40	21 - 22	3.300
- finalización	41 - mercado	18 - 19	3.344

Fuente: North (1986), p. 682.

Normalmente en nuestro medio se usa el programa de dos fases, de la siguiente forma:

1. se suministra una dieta de iniciación de cero a cuatro semanas de edad (0-28 días), el cual contiene las siguientes características; exigidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA):

- Proteína mínimo	22%
- Grasa mínimo	2%
- Fibra máximo	5%
- Cenizas máximo	8%
- Humedad máxima	13%

Su presentación es quebrado (crombelizado). Su consumo aproximado por pollo es de 1.000 a 1.300 gr.

2. se continúa con una dieta de engorde hasta el día que sale al mercado (día 29-mercado), el cual debe contener las siguientes características, exigidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA):

- Proteína mínimo	20%
- Grasa mínimo	2%
- Fibra máximo	5%
- Cenizas máximo	8%
- Humedad máxima	13%

Su presentación es peletizado. En esta fase el consumo aproximado es de 2.900 gr. Es un alimento con menor proteína, pero con un mayor valor energético.

Además de la diferencia en presentación de las raciones de iniciación y de engorde, hay un aspecto que debe tenerse en cuenta y es el del costo, puesto que a mayor porcentaje de contenido de proteína mayor es el mismo. En nuestro medio la diferencia es de alrededor un 0.4%.

#### ASPECTOS ECONOMICOS EN EL ENGORDE DE POLLOS

Los avicultores tradicionalmente engordan los pollos hasta 2.000 gr, los cuales se alcanzan alrededor de la sexta o séptima semana, sin tener una base económica para tomar esta determinación. El óptimo económico podría ser el criterio para tomar tal decisión empleando el peso del pollo, el alimento consumido y sus respectivos precios en el mercado.

El óptimo económico maximiza el ingreso neto del productor. El ingreso neto es la diferencia entre los ingresos totales y costos totales.

El óptimo económico emplea como base la respuesta del peso del pollo al consumo de alimento a través del tiempo. Esta relación se establece por medio de una función de producción.

De acuerdo con Ramírez y Ochoa (1977), se puede definir función de producción como la cantidad de cultivos o pecuarios obtenida en respuesta a la aplicación de los insumos involucrados en el proceso de producción. La expresión matemática es la siguiente:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

Los insumos incluidos ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) en la expresión (1) se dividen en fijos y variables. Los primeros son aquellos que no varían con el nivel de producción, en cambio los variables se les considera como la causa de los cambios en la producción a corto plazo, por lo cual es necesario controlar estos últimos con el objeto de optimizar el proceso productivo.

Para optimizar el uso de los insumos variables se deriva parcialmente la función (1) con respecto a cada uno de los insumos variables, obteniéndose lo que se conoce como producto marginal (Pmg), cuya expresión es:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = Pmg_1$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = Pmg_2$$

·  
·  
·

$$\frac{\partial y}{\partial x_n} = Pmg_n$$

Utilizando los productos marginales se puede conseguir el óptimo económico, con respecto a un determinado insumo, que según la teoría microeconómica se obtiene cuando:

$$VPmg_x = Px$$

Donde:

$$VPmg_x = (Pmg_x) Py$$

$Pmg_x$  = producto marginal del insumo x

$Py$  = precio del producto

$Px$  = precio del insumo x

$VPmg_x$  = valor del producto marginal

Aplicando esta teoría al engorde de pollos, el criterio de decisión económica que guíe a los avicultores para obtener el máximo ingreso neto (óptimo económico), es:

$$VPmg_A = PA$$

$PA$  = precio del alimento

$$VPmg = (Pmg)(Py)$$

$PY$  = precio del pollo en pie a nivel del productor

$Pmg_A$  = producto marginal del alimento consumido/pollo

## CURVA DE CRECIMIENTO EN POLLOS DE ENGORDE

La curva de crecimiento mide los diferentes cambios del peso del pollo a través del tiempo. Según North (1986) citado por Estrada y Salinas (1988), el incremento

en el crecimiento de los pollos de engorde no es uniforme sino que se asemeja a una curva en forma de ese, tal como se observa en la Figura 1.

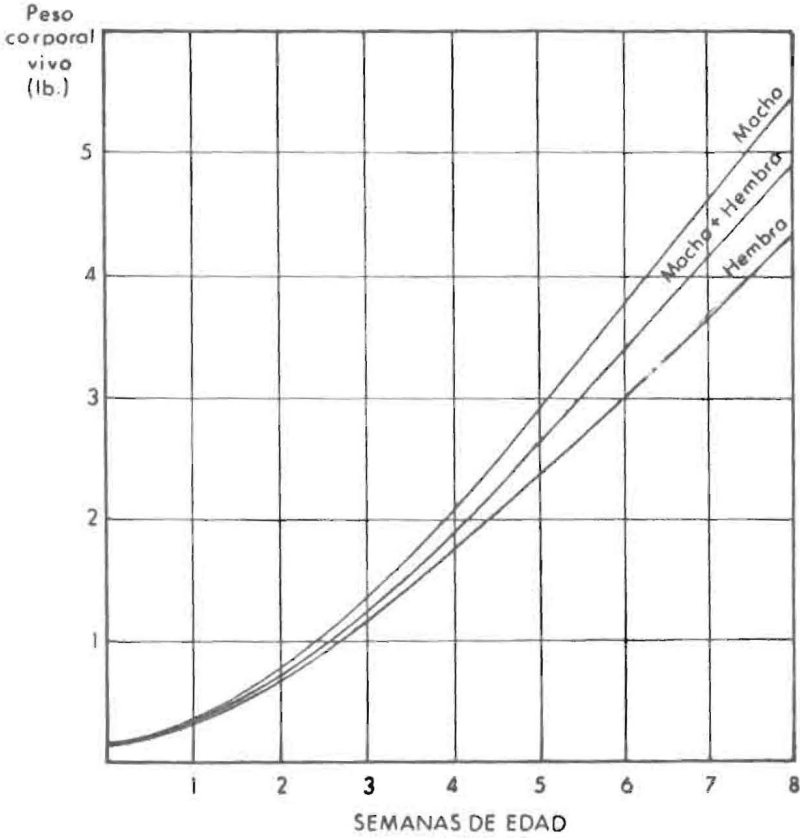


Figura 1. Curva de crecimiento proyectada para pollos de engorde por semanas (North, 1986). p. 448.

Esta tasa de crecimiento es lenta en los primeros días, seguida por un incremento rápido que luego se desacelera y tiende a cero, desconociéndose el tiempo de duración de cada una de estas fases.

## MATERIALES Y METODOS

En los materiales y métodos se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

### LOCALIZACION

La presente investigación se llevó a cabo en los galpones experimentales de las instalaciones avícolas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, localizados en la zona urbana de Medellín (Antioquia), adscritos a los Centros Agropecuarios Facultad de Ciencias Agropecuarias (CEAGRO).

Las condiciones climáticas de la zona son:

- altitud 1498 m.s.n.m.
- temperatura promedio anual 21.5°C
- humedad relativa promedio 66%
- precipitación anual promedio de 1550 mm, siendo mayo y octubre los meses de mayor precipitación
- vientos predominantes con dirección Norte-Sur
- zona de vida bosque húmedo premontano (bh-PM), según calificación de Holdridge.

### MATERIALES

#### *Animales*

Se utilizaron 180 pollos de engorde de la línea comercial Arbor Acres de un día de edad, mitad machos y mitad hembras. En cada corral se alojaron 15 hembras y 15 machos, para un total de 90 hembras y 90 machos para todo el experimento.

#### *Alojamiento y equipo*

Se usaron 16 corrales avícolas experimentales con un área de 4,68 m<sup>2</sup> y piso de cemento.

Cada corral se dotó de una bombilla de 250 W para calefacción en el período de cría. Un bebedero automático colgante y un comedero tipo tolva. Para el control de temperatura se usó un termómetro ambiental. El piso fue recubierto con una capa de viruta de 10-15 cm.



El pesaje de los pollos se realizó cada ocho días, seleccionando al azar de cada corral diez pollos, empleando para ello una báscula tipo reloj que tiene una precisión a gramos.

El plan de vacunación fue: los días 6 y 18, vacuna de Gumboro (en agua); el día 12, vacuna de New Castle y bronquitis (ocular); vitaminas para la recepción de los pollos y después de cada vacunación.

### *Alimento*

El alimento utilizado fue de tipo comercial, el de cría crombelizado y el de engorde peletizado, con la siguiente composición bromatológica:

Tabla 4. Composición bromatológica del alimento para iniciación (cría) de pollo de engorde.

Proteína mínimo	22 %
Grasa mínimo	2 %
Calcio	0.9 %
Fósforo disponible	0.48 %
Cenizas máxima	8 %
Humedad máxima	13 %
Fibra máxima	5 %

TABLA 5. Composición bromatológica del alimento Broiler (finalizador) para pollo de engorde.

Proteína mínimo	20 %
Grasa mínimo	2 %
Calcio	0.9 %
Fósforo disponible	0.48 %
Cenizas máxima	8 %
Humedad máxima	13 %
Fibra máxima	5 %

## METODOS

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizó la siguiente metodología:

### *Plan de alimentación*

Durante el transcurso del experimento el alimento se suministró a voluntad. A todos los animales se les recibió con agua y vitaminas y se les pesó el primer día y luego cada ocho días hasta terminar el experimento, seleccionando al azar diez pollos de cada corral.

El experimento usó dos tratamientos, constituídos como planes de alimentación.

Al tratamiento 2 se le suministró alimento de cría del día 1º al día 28, luego se le cambió por engorde (Broiler) hasta finalizar el experimento o sea hasta el día 49.

Al tratamiento 1 se le suministró alimento de cría del día 1º al día 21, luego se le cambió por engorde (Broiler) hasta finalizar el experimento.

Se llevaron los planes de manejo que se emplean en una explotación comercial.

### *Modelo estadístico*

Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar, que constó de dos tratamientos con tres replicaciones para 30 animales cada una.

### *Parámetros a utilizar*

Para evaluar el efecto del cambio de programa de alimentación de cría a engorde se utilizaron los siguientes parámetros:

- ganancia peso/semana
- consumo alimento/semana
- conversión alimenticia

Además se hizo un análisis económico de este ensayo, de la siguiente manera:

- una vez obtenidos los datos de campo (peso/semana y consumo de alimento/semana), se estructuraron diferentes modelos de funciones de producción, en las cuales la variable independiente fue el alimento y la dependiente el peso,
- los modelos propuestos fueron:

$$Y_1 = a + b_1A + b_2A^2$$

$$Y_2 = a + b_2A + b_2 \sqrt{A}$$

$$Y_3 = a + b_2A + b_2A^2 + b_3A^3$$

$$Y_4 = aA^b$$

Donde  $Y_1, Y_2, \dots, Y_4$  es el peso del pollo/pie (dado en gramos) y  $A$ , el alimento consumido (dado en gramos). La selección del mejor modelo consideró tres criterios: estadísticos, técnicos y económicos.

Con base en la función de producción seleccionada por medio del programa Statgraphics, se determinó el óptimo económico como criterio para obtener el peso del pollo que maximice el ingreso neto del avicultor.

Una vez establecido el peso óptimo de los pollos, se procedió a determinar el tiempo al cual deben salir las aves al mercado, empleando una de las siguientes funciones:

$$T_1 = a + b_1A + b_2A^2$$

$$T_2 = a + b_2A + b_2 \sqrt{A}$$

$$T_3 = a + b_1A + b_2A^2 + b_3A^3$$

$$T_4 = aA^b$$

En las cuales  $T$  es el tiempo de salida de los pollos al mercado y  $A$  es el alimento con el cual se optimiza el peso.

## RESULTADOS Y SU ANALISIS

### *Resultados*

Una vez terminado el experimento, los datos resultantes fueron los que aparecen en la Tabla 6, que contiene el peso, consumo e índices de conversión por semana en pollos Arbor Acres a los 28 días.

Tabla 6. Peso, consumo e índice de conversión promedios por semana, en pollos de engorde Arbor Acres con cambio de programa de alimentación a los 28 días.

Semanas	Peso vivo en gr		Consumo de alimento gr		Índice de conversión	
	Final de la semana	Ganancia semanal	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado
1	121	81.3	198.3	198.3	2.44	1.64
2	311	190	398.7	597	2.10	1.92
3	594.6	283.6	603.0	1.200	2.13	2.02
4	1016	421.4	788.4	1.988.4	1.87	1.96
5	1484	468	977.4	2.965.8	2.09	2.0
6	1950	466	1.100.4	4.066.2	2.36	2.09
7	2417.3	467.3	1.219.3	5.285.5	2.61	2.19

En el Anexo 1, aparecen los mismos datos por replicación y por semana, para los dos programas de alimentación.

Con base en los datos por replicación (Anexo 1) se estructuraron las funciones de producción, tiempo y alimento, de acuerdo al programa de alimentación considerado (cuya selección aparece en el Anexo 2).

#### CAMBIO A LOS 28 DIAS

$$Y = 37.634688 + 0.375129A + 0.000115A^2 - (1.849673)10^{-8}A^3$$

$$T = 0.67882 + 0.002102A - (1.637027)10^{-7}A^2$$

$$A = -23.94 + 25.672846T + 1.43582T^2$$

#### CAMBIO A LOS 21 DIAS

$$Y = 37.336263 + 0.380566A + 0.000109A^2 - (1.636746)10^{-8}A^3$$

$$T = 0.648015 + 0.002166A - (1.713645)10^{-7}A^2$$

$$A = -18.624 + 26.30351T + 1.355458T^2$$

#### ANALISIS

Este numeral contiene los siguientes apartes: efecto del cambio de programa de alimentación en el peso y consumo de alimento. También se analiza la cantidad

óptima de peso y consumo de alimento y su sensibilidad al cambio de los precios tanto del pollo como del concentrado. Por último, se determina la edad en días, a la cual los pollos deben salir al mercado.

*Efecto en el peso y consumo de alimento por causa del cambio de programa de alimentación*

De acuerdo al análisis de varianza que aparece en la Tabla 8 (derivada de la información contenida en el Anexo 1) no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el peso del pollo alimentado con la ración iniciadora hasta los 21 días con respecto a aquel alimentado hasta los 28 días, con la misma ración.

Tabla 8. Análisis de varianza del efecto en el peso, debido al programa de alimentación

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F	Nivel Sig.
Tratamientos	15200.667	1	15200.667	1.423	.2988
Error experimental	42730.667	4	10682.667		
Total corregido	57931.333	5			

CV = 4.2%

Así mismo, según el análisis de varianza que aparece en la Tabla 9, tampoco hubo diferencia significativa en el consumo, debido al cambio de programa de alimentación.

Tabla 9. Análisis de varianza del efecto en el consumo de alimento debido al cambio de programa de alimentación.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F	Nivel Sig.
Tratamientos	33361.127	1	33361.127	1.565	.2791
Error experimental	85249.647	4	21312.412		
Total corregido	118610.77	5			

CV = 2.81%

Debido a que no existe diferencia significativa ni en el peso, ni en el consumo de alimento, una forma de ver el efecto del cambio del programa de alimentación es por medio del método de optimización económica enunciado anteriormente.

*Efecto del cambio de programa de alimentación en el óptimo económico y la sensibilidad a la variación en el precio del pollo y del concentrado*

Empleando el criterio de óptimo económico y utilizando las funciones seleccionadas (en los resultados), se tiene que:

Para el cambio de programa a los 28 días el peso óptimo es:

$$VPm_{g_x} = P_x \quad (1)$$

Donde:

$$VPm_{g_x} = (Pm_{g_x})(P_y) \quad (2)$$

a partir de las ecuaciones 1 y 2 se tiene que

$$Pm_{g_x} = \frac{P_x}{P_y}$$

$P_x = P_A$ : precio alimento (\$/gr)

$P_y =$  precio del pollo en el mercado al terminar el experimento (\$/gr).

Debido a que la duración de los programas de alimentación tanto a los 21 como a los 28 días es diferente, es necesario para poder optimizar ponderar el precio del concentrado total consumido, de la siguiente forma:

$$P_p = \frac{(P_{AI})(DI) + (P_{AF})(DF)}{DI + DF} = P_x = P_A$$

$P_p =$  precio ponderado

$P_{AI} =$  precio iniciador = \$12.210/40 kg o sea \$0.30525 por gramo.

$P_{AF} =$  precio finalizador = \$12.170/40 kg o sea \$0.30425 por gramo.

$DI =$  días de suministro de alimento iniciador

$DF =$  diferencia entre la salida al mercado y el tiempo de suministro del plan iniciador ( $DF = 49 - DI$ )

Cambio del programa de alimentación...

$$Pp \text{ 21 días} = \frac{(12.210)(21) + (12.170)(28)}{49} = \$0.3046 / gr$$

$$Pp \text{ 28 días} = \frac{(12.210)(28) + (12.170)(21)}{49} = \$0.3048 / gr$$

Como el costo de alimento constituye un 70% de los costos totales para esta especie, el precio de los insumos será 1.30 Pp. Para los 21 días será de \$0.396/gramo, y para los 28 días será de \$0.39624/gramo.

$$Py = \$0.92/\text{gramo}$$

Empleando la metodología enunciada en el capítulo (aspectos económicos en el engorde de pollos) y con las especificaciones antes anotadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Programa a los 28 días:

$$A_{op} = 3.896.9 \text{ gramos}$$

$$Y_{op} = 2.152.46 \text{ gramos}$$

$$A_{op} = \text{Cantidad óptima de alimento}$$

$$Y_{op} = \text{Peso óptimo del pollo.}$$

- Programa a los 21 días:

$$A_{op} = 4.150.3 \text{ gramos}$$

$$Y_{op} = 2.323. \text{ gramos}$$

Con base en las funciones tiempo seleccionadas en el capítulo (resultados) se obtuvieron los tiempos de salida de los pollos al mercado con los cuales se consiguen los óptimos económicos, los cuales serán: 44.7 días para el cambio a los 28 días y 46.8 días para el cambio a los 21 días.

El objeto final del óptimo económico es la maximización del ingreso neto del avicultor, el cual se consigue de la siguiente forma:

$$IN = IT - CT$$

$$IT = (Y_{op})(Py)$$

Los costos totales dependerán del programa bajo el cual se engorden los pollos, como se observó en la determinación de los tiempos de salida del pollo al mercado, que implican consumos diferentes de los alimentos tanto iniciador como finalizador.

La expresión general para calcular estos costos es:

$$CT = (CI)(P_{AI}) + (CF)P_{AF}$$

CI = Consumo iniciador

CF = Consumo finalizador.

En forma particular se tiene:

- Programa 21 días

$$CT = (CI_{21 \text{ días}})(P_{AI}) + (\text{consumo de 21 días hasta óptimo})P_{AF}$$

- Programa 28 días

$$CT = (CI_{28 \text{ días}})(P_{AI}) + (\text{consumo de 28 días hasta óptimo})P_{AF}$$

Empleando estas fórmulas se obtuvieron los siguientes resultados:

IN 28 días = \$437.4/pollo

IN 21 días = \$493.4/pollo

Estos resultados sólo consideran el alimento como el costo variable, por lo tanto, los ingresos netos variarán de acuerdo a la composición de los costos variables de cada avicultor.

#### *Comparación de los resultados económicos de los dos programas de alimentación*

Como puede observarse en la Tabla 10, el sistema de alimentación con cambio a los 21 días supera en resultado económico al de los 28 días, puesto que el ingreso neto es mayor en \$56/pollo, teniendo en cuenta que bajo el primer sistema los pollos salen dos días más tarde. Si las aves salieran en ambos programas al mismo tiempo (44.7 días) con el sistema de cambio a los 21 días, el ingreso neto del avicultor continuaría



siendo mayor en \$40. Es de anotar, que esto se cumple para los precios del pollo y alimento en el mercado.

Tabla 10. Comparación de los programas de alimentación en cuanto a sus resultados económicos.

Parámetros	Resultados económicos óptimos		Programa 21 días sacado a los 44.7 días
	Programa 21 días	Programa 28 días	
Tiempo de mercado (días)	46.8	44.7	44.7
Alimento consumido (gr)	4.150.3	3.896.9	3.865.47
Peso de mercado (gr)	2.323.0	2.152.46	2.180.79
Ingreso total (\$)	2.137.16	1.980.3	2.006.33
Costo total (\$)	1.643.8	1.542.8	1.528.9
Ingreso Neto (\$)	493.4	437.4	477.4

En cuanto a mortalidad no se encontró diferencias entre los dos programas evaluados.

*Sensibilidad de los resultados debido a la variación de precios*

Según las Tablas 11 y 12 se puede observar que en el cambio de programa a los 21 días, si el precio del alimento se incrementa en un 25%, el ingreso neto del avicultor disminuye en un 66% cuando permanece constante el precio del pollo. En cambio si el precio del alimento permanece constante y el precio del pollo se incrementa un 25% el ingreso del avicultor se duplica.

Tabla 11. Sensibilidad del peso del pollo y tiempo de salida al mercado debido a la variación de precios del alimento y del pollo en pie.

T Días	Peso óptimo(gr)	Alimento óptimo (gr)	Pmg gramos	Costos variables por gramo			Precio pollo gramo	Tiempo de mercado días	IN/Pollo o		
				Precio alimento (\$/gr) PI	Variación n %	CVT/\$					
44.7	2.152.46	3.896.9	0.436	0.30525	0.30425	0	1.542.80	0.92	0	44.78	437.4
0	1.851.22	3.245.9	0.542	0.3816	0.3803	25	1.606.7	0.92	0	40.4	96.42
40.4	2.232.	4.013.18	0.412	0.30525	0.3042	0	1.588.4	1.15	25	45.3	978.4
45.3	2.180.65	3.896.90	0.436	0.3816	0.4281	25	1.542.84	1.15	25	44.78	463.4
44.7											

Tabla 12. Sensibilidad del peso del pollo y tiempo de salida al mercado debido a la variación de precios del alimento y del pollo en pie.

T Días	Peso óptimo(gr)	Alimento óptimo (gr)	Pmg gramos	Costos variables por gramo			Precio pollo gramo	Tiempo de mercado días	IN/Pollo o		
				Precio alimento (\$/gr) PI	Variación %	CVT/\$					
46.8	2.323.0	4.150.3	0.44	0.30525	0.30425	0	1.643.8	0.92	0	46.8	493.4
43.1	2.034.6	3.532.0	0.5396	0.3816	0.3803	25	1.747.7	0.92	0	43.1	122.6
48.95	2.537.0	4.600.3	0.4186	0.30525	0.30425	0	1.821.33	1.15	25	48.95	1.095.7

Si se mira el cambio de programa a los 28 días la sensibilidad es la siguiente: Al dejar constante el precio del pollo e incrementar el precio del alimento en un 25%, el ingreso del avicultor se disminuye en un 79% y cuando el precio del pollo es el que sufre el incremento de un 25%, dejando constante el precio del alimento, el ingreso del avicultor se duplica.

## CONCLUSIONES

1. Cuando se cambia el programa de alimentación a los 28 días, como tradicionalmente se lleva a cabo, los pollos salen dos días antes al mercado que si se cambiara a los 21 días y además salen más livianos. Sin embargo, el ingreso neto del avicultor es menor en \$56/pollo. El efecto en el ingreso neto se conserva cuando existen variaciones tanto en el precio del alimento, como en el precio del pollo.
2. Si los pollos bajo los dos sistemas de alimentación salieran al mismo tiempo al mercado (44.7 días), no se presentaría diferencias significativas en los pesos corporales. Sin embargo, el cambio a los 21 días proporcionaría un ingreso neto mayor, en \$40/pollo.
3. La mortalidad en los dos programas de alimentación fue similar.

## BIBLIOGRAFIA

AVICOLA COLOMBIANA. Pollo de engorde Arbor Acres. Folleto de alimentación y manejo. Medellín: Avícola Colombiana, 19—?. 17 p.

CONCENTRADOS INTEGRALES PARA ANIMALES. Razones de peso para invertir en concentrados. Medellín: Cipa, 19—?

ESTRADA, C.A. y SALINAS, J.C. Restricción de alimento en pollos de engorde. Medellín, 1988. 51 p. Seminario (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

HEADY, E. and DILLON, J. Agricultural production functions. Iowa: Iowa State University, 1966. 667 p.

NORTH, Mack. Manual de producción avícola. México: El Manual Moderno, 1982. 816 p.

\_\_\_\_\_. Manual de producción avícola. 2ed. México: El Manual Moderno, 1986. 856 p. Citado por ESTRADA, C.A. y SALINAS, J.C. Restricción de alimento en pollos de engorde. Medellín, 1988. 51 p. Seminario (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

QUINTANA, José Antonio. Manejo de aves domésticas comunes. En: Avitécnica, México, 1991. 305 p.

RAMIREZ L., F y OCHOA T., H. Economía de la producción de pollos para asar. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1976. 24 p.

\_\_\_\_\_. Manual de economía de la producción. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Economía. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional, 1977. 69 p.

## ANEXO 1.

Peso, consumo, índice de conversión semanal por replicación, en pollos de engorde Arbor Acres, con cambio de programa de alimentación a los 28 días.

Semanas de edad	Consumo de alimento (gr)		Peso pollo (gr)		Índice de conversión	
	Alimento semanal	Alimento acumulado	Ganancia semanal	Peso semanal	Semanal	Acumulado
0	0	0	39.7	39.7		
0	0	0	39.7	39.7		
0	0	0	39.7	39.7		
1	198.3	198.3	81.3	121.0	2.44	1.64
1	198.3	198.3	81.3	121.0	2.44	1.64
1	198.3	198.3	81.3	121.0	2.44	1.64
2	398.7	597.0	190.0	311.0	2.10	1.92
2	398.7	597.0	190.0	311.0	2.10	1.92
2	398.7	597.0	190.0	311.0	2.10	1.92
3	603.0	1200.0	283.6	594.6	2.12	2.01
3	603.0	1200.0	283.6	594.6	2.12	2.01
3	603.0	1200.0	283.6	594.6	2.12	2.01
4	768.7	1968.7	419.4	1014.0	1.83	1.94
4	788.0	1988.0	435.4	1030.0	1.81	1.93
4	808.6	2008.6	409.4	1004.0	1.98	2.00
5	957.7	2926.4	456.0	1470.0	2.10	1.99
5	977.0	2965.0	452.0	1482.0	2.16	2.00
5	997.6	3006.2	496.0	1500.0	2.01	2.00
6	1047.2	3973.4	404.0	1874.0	2.60	2.12
6	1086.1	4051.1	448.0	1930.0	2.46	2.10
6	1168.1	4174.3	546.0	2046.0	2.14	2.04
7	1230.7	5204.1	514.0	2388.0	2.39	2.18
7	1127.1	5178.2	390.0	2320.0	2.89	2.23
7	1300.0	5474.3	498.0	2544.0	2.61	2.15

Peso, consumo, índice de conversión semanal por replicación, en pollos de engorde Arbor Acres, con cambio de programa de alimentación a los 21 días.

Semanas de edad	Consumo de alimento (gr)		Peso pollo (gr)		Índice de conversión	
	Alimento semanal	Alimento acumulado	Ganancia semanal	Peso semanal	Semanal	Acumulado
0	0	0	39.7	39.7		
0	0	0	39.7	39.7		
0	0	0	39.7	39.7		
1	198.3	198.3	81.3	121.0	2.44	1.64
1	198.3	198.3	81.3	121.0	2.44	1.64
1	198.3	198.3	81.3	121.0	2.44	1.64
2	398.7	597.0	190.0	311.0	2.10	1.92
2	398.7	597.0	190.0	311.0	2.10	1.92
2	398.7	597.0	190.0	311.0	2.10	1.92
3	603.0	1200.0	283.6	594.6	2.12	2.01
3	603.0	1200.0	283.6	594.6	2.12	2.01
3	603.0	1200.0	283.6	594.6	2.12	2.01
4	728.0	1928.0	377.4	972.0	1.93	1.98
4	746.0	1946.0	409.4	1004.0	1.82	1.94
4	741.3	1941.3	431.4	1096.0	1.72	1.89
5	903.0	2831.0	512.0	1484.0	1.76	1.90
5	921.0	2867.0	436.0	1440.0	2.11	1.99
5	916.3	2857.0	400.0	1426.0	2.30	2.00
6	1038.3	3869.3	420.0	1904.0	2.47	2.08
6	1022.0	3889.0	478.0	1918.0	2.14	2.03
6	1096.9	3954.5	464.0	1890.0	2.36	2.09
7	1207.9	5077.2	714.0	2618.0	1.69	1.98
7	1105.0	4994.0	524.0	2442.0	2.11	2.05
7	1256.6	5211.1	604.0	2494.0	2.08	2.09

## ANEXO 2.

En este anexo aparecen los modelos seleccionados de la respuesta del pollo (Arbor Acres) al consumo de alimento, la función tiempo y la dependencia del alimento a través del período de alimentación para los dos programas propuestos estudiados en este ensayo (programa de alimentación a los 21 y 28 días respectivamente).

En el capítulo (parámetros a utilizar) se propusieron varios modelos para tal fin. Sin embargo, es necesario establecer ciertos criterios que nos permitan seleccionar los mejores. Para ello se tuvieron en cuenta bases estadísticas, técnicas y económicas.

Los elementos estadísticos que sirvieron para la escogencia de los modelos fueron los siguientes:

- el coeficiente de determinación o  $R^2$ ,
- la significancia de los coeficientes en el modelo,
- el análisis de varianza,
- el análisis de los residuales. Es de anotar en este punto que a pesar de que algunas funciones (que son funciones de crecimiento), presentaron heterocedasticidad, sin embargo, para el fin que se pretende, no se invalida el análisis que se realizó. En particular, el tratamiento a los 21 días presenta dicho problema, no obstante, estableciendo algunos correctivos para ello, no varió mucho el análisis de los resultados.

Como puede observarse, en algunos modelos seleccionados no es significativo el intercepto. Sin embargo, este sirve sólo de ajuste al mismo y no incide en la determinación del óptimo económico.

El criterio técnico que se tuvo en cuenta fue la respuesta del pollo al consumo de alimento, que de acuerdo con la literatura, sigue una curva en ese, lo que inclina al investigador a proponer un tipo de modelo que simule este comportamiento. Por ello, las funciones seleccionadas son de tipo cúbico.

El criterio económico, descrito en el capítulo (aspectos económicos en el engorde de pollos) permitió rechazar algunos de los modelos propuestos ya que:

1. se salían del rango experimental (entre ellos el Cobb-Douglas),
2. se obtenía un ingreso menor en mayor tiempo, lo que implicaba una pérdida económica para el avicultor (función cuadrática).

Respuesta del peso del pollo (Arbor Acres) al consumo de alimento (Programa 21 días)

Variable independiente	Coefficientes	Error estándar	Valor T	Nivel de significancia
CONSTANTE	37.336263	54.831564	0.6809	0.5051
Al	0.380566	0.113021	3.3672	0.0037
Al 2	0.000109	0.000058	1.8841	0.0768
Al 3	-1.636746E-8	7.991873E-9	-2.0480	0.0563

$$R^2 = 0.9919 \quad S.E. = 75.105411 \quad S.error = 50.356565 \quad \text{Durbin-Watson} = 1.699$$

$$Y = 37.336263 + 0.3800566 A + 0.000109 A^2 - (1.636746) 10^{-8} A^2$$

#### Análisis de varianza del modelo seleccionado

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor
Modelo	13783021.	3	4594340.	814.481	.0000
Error	95894.0	17	5640.82		
Total	13878915.	20			

$$R^2 = 0.993091 \quad \text{Error estándar de la estimación} = 75.1054$$

$$R^2 (\text{Ajustado para G.L.}) = 0.991871 \quad \text{Estadística Durbin-Watson} = 1.69937$$

G.L.: Grados de Libertad



## Valores observados, ajustados y residuales para el modelo seleccionado.

Observaciones	Valores observados	Valores ajustados	Residuales	Residuales estandarizados
1	121.300	116.964	4.33647	0.06532
2	121.300	116.964	4.33647	0.06532
3	121.300	116.964	4.33647	0.06532
4	311.000	300.268	10.7319	0.14739
5	311.000	300.268	10.7319	0.14739
6	311.000	300.268	10.7319	0.14739
7	594.600	622.784	-28.1841	-0.39587
8	594.600	622.784	-28.1841	-0.39587
9	594.600	622.784	-28.1841	-0.39587
10	972.000	1059.18	-87.1761	-1.25639
11	1004.00	1070.32	-66.3153	-0.93596
12	1026.00	1067.41	-41.4059	-0.57495
13	1484.00	1304.57	179.429	3.12141
14	1440.00	1376.29	63.7065	0.89880
15	1426.00	1311.85	114.149	1.70177
16	1904.00	1927.02	-23.0153	-0.34241
17	1918.00	1981.85	-63.8482	-0.97867
18	1890.00	1966.03	-76.0319	-1.17895
19	2618.00	2491.75	126.254	2.22473
20	2442.00	2490.41	-48.4058	-0.75726
21	2494.00	2531.99	-37.9932	-0.64498

Nota: A pesar de que aparece un residual con más de tres desviaciones estándar, cuando éste se removió no causó ninguna diferencia en la estimación del óptimo económico.

## Consumo de alimento a través del tiempo (Programa 21 días)

Variable independiente	Coefficientes	Error estándar	Valor de t	Nivel de significancia
CONSTANTE	0.648015	0.071463	9.0679	0.0000
A1	0.002166	0.000074	29.2617	0.0000
A1 2	-1.713645E-7	1.505562E-8	-11.3821	0.0000

$R^2$  (Adj.) = 0.9958    S.E. = 0.132874    S.error = 0.095620    Durbin-Watson = 1.284

$$T = 0.648015 + 0.0021666 A - (1.713645)10^{-7} A^2$$

## Análisis de varianza para el modelo tiempo (Programa 21 días)

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor
Modelo	83.6822	2	41.8411	2369.85	.0000
Error	0.317801	19	0.0176556		
Total	84.00000	20			

$R^2 = 0.99621$     Error estándar de la estimación = 0.132874  
 $R^2$  (Ajustado para G.L.) = 0.995796    Estadística Durbin-Watson = 1.28419

G.L.: Grados de Libertad

## Modelo ajustado para el consumo de alimento a través del tiempo (Programa 21 días)

Variable independiente	Coefficientes	Error estándar	Valor de t	Nivel de significancia
CONSTANTE	-18.62381	109.057449	-0.1708	0.8663
tiempo	26.303515	8.928523	2.9460	0.0086
tiempo 2	1.355458	0.155828	8.6985	0.0000

$R^2$  (Adj.) = 0.9934    S.E. = 121.210578    S.error = 88.276644    Durbin-Watson = 0.927

$$A = -18.62381 + 26.303515 T + 1.355458 T^2$$

## Valores observados, ajustados y residuales para el modelo seleccionado.

Observaciones	Valores observados	Valores ajustados	Residuales	Residuales estandarizados
1	1.00000	1.07073	-0.07073	-0.58561
2	1.00000	1.07073	-0.07073	-0.58561
3	1.00000	1.07073	-0.07073	-0.58561
4	2.00000	1.88121	0.11879	0.94243
5	2.00000	1.88121	0.11879	0.94243
6	2.00000	1.88121	0.11879	0.94243
7	3.00000	3.00003	-0.00003	-0.00023
8	3.00000	3.00003	-0.00003	-0.00023
9	3.00000	3.00003	-0.00003	-0.00023
10	4.00000	4.18640	-0.18640	-1.53360
11	4.00000	4.21343	-0.21343	-1.79592
12	4.00000	4.20638	-0.20638	-1.72580
13	5.00000	4.75367	0.24633	2.15826
14	5.00000	4.90944	0.09056	0.71407
15	5.00000	4.76967	0.23033	1.98446
16	6.00000	5.99098	0.00902	0.06980
17	6.00000	6.08976	-0.08976	-0.70436
18	6.00000	6.06140	-0.06140	-0.47807
19	7.00000	6.96545	0.03455	0.29862
20	7.00000	6.96317	0.03683	0.31811
21	7.00000	7.03439	-0.03439	-0.30908

Respuesta de peso del pollo (Arbor Acres) al consumo de alimento (Programa 28 días)

Variable independiente	Coefficientes	Error estándar	Valor de t	Nivel de significancia
CONSTANTE	37.634688	49.842936	0.7551	0.4605
A1	0.375129	0.098768	3.7981	0.0014
A1 2	0.000115	0.000049	2.3611	0.0304
A1 3	-1.849673E-8	6.449158E-9	-2.8681	0.0107

$R^2$  (Adj.) = 0.9927    S.E. = 69.994688    S.error = 46.807777    Durbin-Watson = 1.348

$$Y = 37.634688 + 0.375129 A + 0.000115 A^2 - (1.8449673) 10^{-8} A^3$$

Análisis de varianza de la respuesta del pollo al consumo de alimento (Programa 28 días).

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor
Modelo	13289475.	3	4429825.	904.183	.0000
Error	83287.4	17	4899.26		
Total	13372763.	20			

$R^2 = 0.993772$     Error estándar de la estimación = 69.9947  
 $R^2$  (Ajustado para G.L.) = 0.992673    Estadística Durbin-Watson = 1.34831

G.L.: Grados de Libertad

## Valores observados, ajustados y residuales (Programa 28 días)

Observaciones	Valores observados	Valores ajustados	Residuales	Residuales estandarizados
1	121.000	116.388	4.61245	0.07430
2	121.000	116.388	4.61245	0.07430
3	121.000	116.388	4.61245	0.07430
4	311.000	298.519	12.4813	0.18382
5	311.000	298.519	12.4813	0.18382
6	311.000	298.519	12.4813	0.18382
7	594.600	620.944	-26.3443	-0.39614
8	594.600	620.944	-26.3443	-0.39614
9	594.600	620.944	-26.3443	-0.39614
10	1014.00	1079.43	-65.4311	-0.99631
11	1030.00	1091.24	-61.2358	-0.92832
12	1004.00	1103.84	-99.8391	-1.58500
13	1470.00	1364.26	105.741	1.69089
14	1482.00	1326.95	155.052	2.77714
15	1500.00	1403.40	96.6001	1.52541
16	1874.00	1953.61	-79.6093	-1.32543
17	1930.00	1942.17	-12.1670	-0.19227
18	2046.00	2043.78	2.21823	0.03528
19	2388.00	2416.34	-28.3421	-0.46699
20	2320.00	2385.82	-65.8243	-1.07704
21	2544.00	2463.41	80.5886	1.81430

## Consumo de alimento a través del tiempo (Programa 28 días)

Variable independiente	Coefficientes	Error estándar	Valor de t	Nivel de significancia
CONSTANTE	0.67822	0.076102	8.9199	0.0000
A1	0.002102	0.000077	27.4238	0.0000
A1 2	-1.637027E-7	1.509934E-8	-10.8417	0.0000

$R^2$  (Adj.) = 0.9951    S.E. = 0.143608    S.error = 0.112357    Durbin-Watson = 1.239

$$T = 0.67882 + 0.002102 A + (1.637027)10^{-7} A^2$$

## Análisis de varianza para el consumo de alimento a través del tiempo (Programa 28 días).

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor
Modelo	83.6288	2	41.8144	2027.52	.0000
Error	0.371221	18	0.0206234		
Total	84.00000	20			

$R^2 = 0.995581$     Error estándar de la estimación = 0.143608  
 $R^2$  (Ajustado para G.L.) = 0.99509    Estadística Durbin-Watson = 1.2388

G.L.: Grados de Libertad

## Valores observados, ajustados y residuales para la función tiempo (Programa 28 días)

Observaciones	Valores observados	Valores ajustados	Residuales	Residuales estandarizados
1	1.00000	1.08917	-0.08917	-0.68402
2	1.00000	1.08917	-0.08917	-0.68402
3	1.00000	1.08917	-0.08917	-0.68402
4	2.00000	1.87524	0.12476	0.91471
5	2.00000	1.87524	0.12476	0.91471
6	2.00000	1.87524	0.12476	0.91471
7	3.00000	2.96523	0.03477	0.24474
8	3.00000	2.96523	0.03477	0.24474
9	3.00000	2.96523	0.03477	0.24474
10	4.00000	4.18214	-0.18214	-1.36910
11	4.00000	4.21020	-0.21020	-1.61058
12	4.00000	4.24002	-0.24002	-1.88425
13	5.00000	4.82683	0.17317	1.30556
14	5.00000	4.74586	0.25414	2.03599
15	5.00000	4.901079	0.08921	0.64938
16	6.00000	6.01327	-0.01327	-0.09504
17	6.00000	5.99129	0.00871	0.06235
18	6.00000	6.18620	-0.18620	-1.40977
19	7.00000	6.94863	0.05137	0.41004
20	7.00000	6.87543	0.12457	0.98788
21	7.00000	7.08043	0.08043	-0.70956

Modelo ajustado para el consumo de alimento a través del tiempo (Programa 28 días)

Variable independiente	Coefficientes	Error estándar	Valor de t	Nivel de significancia
CONSTANTE	-23.938095	124.927916	-0.1916	0.8502
tiempo	25.672846	10.227836	2.5101	0.0218
tiempo 2	1.43582	0.178504	8.0436	0.0000

$R^2$  (Adj.) = 0.9920 S.E. = 138.849615 S.error = 100.867423 Durbin-Watson = 1.132

$$A = -23.938095 + 25.672846 T + 1.43582 T^2$$

Análisis de varianza para el consumo de alimento a través del tiempo (Programa 28 días)

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor
Modelo	47563473	2	23781736.	1233.54	.0000
Error	347026	18	19279.2		
Total	47910498.	20			

$R^2 = 0.992757$

$R^2$  (Ajustado para G.L.) = 0.9920

Error estándar de la estimación = 138.85

Estadística Durbin-Watson = 1.13155

G.L.: Grados de Libertad



Valores observados, ajustados y residuales para el consumo de alimento (Programa 28 días)

Observaciones	Valores observados	Valores ajustados	Residuales	Residuales estandarizados
1	198.300	226.127	-27.8270	-0.22583
2	198.300	226.127	-27.8270	-0.22583
3	198.300	226.127	-27.8270	-0.22583
4	597.000	616.902	-19.9024	-0.14654
5	597.000	616.902	-19.9024	-0.14654
6	597.000	616.902	-19.9024	-0.14654
7	1200.00	1148.39	51.6119	0.38140
8	1200.00	1148.39	51.6119	0.38140
9	1200.00	1148.39	51.6119	0.38140
10	1968.70	1820.58	148.116	1.14088
11	1988.00	1820.58	167.416	1.30347
12	2008.60	1820.58	188.016	1.48335
13	2435.60	2633.49	-197.890	-1.55643
14	2374.00	2633.49	-259.490	-2.15434
15	2500.50	2633.49	-132.990	-1.00737
16	3482.80	3587.11	-104.307	-0.78118
17	3460.10	3587.11	-127.007	-0.95953
18	3668.60	3587.11	81.4929	0.60609
19	4713.50	4681.43	32.0659	0.26036
20	4587.20	4681.43	-94.2341	-0.77706
21	4968.60	4681.43	287.166	2.81886