

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE PROTEINA EN LA DIETA DE POLLOS DE ENGORDE SOBRE SU RENDIMIENTO BIOLÓGICO Y ECONOMICO

José Rodríguez Zelaya, Diego Aguirre Rosales y Luis Borbón Vilchez

Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional
Apartado 86-3000. Heredia, Costa Rica
(Recibido: 10 marzo 1994/Aceptado: 30 junio 1994)

RESUMEN

Se utilizaron 160 pollos de la línea comercial Indian River, de 1 día de nacidos, sin sexar, distribuidos de acuerdo con un diseño irrestricto al azar con 4 repeticiones con 10 pollos en cada una, para determinar el nivel de proteína más adecuado, tanto biológica como económicamente, usando materias primas comunes en nuestro medio para balancear las dietas de las etapas de iniciación y finalización.

En la etapa de iniciación (0-4 semanas) los niveles de proteína fueron 18, 20, 22 y 24% y en la de finalización (5-7 semanas) 14, 16, 18 y 20%. El nivel más bajo en iniciación, correspondió al menor en finalización y así sucesivamente. En ambas etapas las dietas se prepararon isocalóricas (3000 Kcal EM/Kg de dieta). El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*.

Las variables evaluadas fueron: consumo de alimento (g/10 aves/día), ganancia de peso (g/10 aves/día) y conversión alimenticia. Hubo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) para la variable consumo de alimento en ambas etapas. En iniciación, las aves que consumieron el nivel menor de proteína mostraron un menor consumo. En finalización los niveles de 14, 16 y 20% difirieron entre ellos. En esta etapa la tendencia fue un aumento en el consumo al incrementarse el nivel de proteína.

En cuanto a ganancia de peso, la tendencia que se presentó en las dos etapas fue una mayor ganancia de peso conforme aumenta el nivel de proteína. Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre todos los tratamientos en la etapa de iniciación y en finalización solamente no difirieron los niveles de 18 y 20% de proteína.

La variable conversión alimenticia mostró un comportamiento similar en ambas etapas. En los 2 casos, los 2 niveles menores de proteína presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) con respecto a los 2 mayores, pero entre estos últimos no hubo diferencias.

El análisis económico mostró que el mayor rendimiento económico no se alcanza al obtener los mayores beneficios netos (24 y 20% de proteína en iniciación y finalización, respectivamente), sino en donde se logren los mayores beneficios netos a un menor costo (22 y 18% en iniciación y finalización, respectivamente).

ABSTRACT

160 unsexed, one-day-old, Indian River chicks were distributed in a complete randomized design to determine the adequate economical and biological protein level using domestic local feedstuffs to balance their starting and finishing diets. In the starting period (0-4 weeks) the protein levels were 18, 20, 22 and 24% while in the finishing period (5-7 weeks) 14, 16, 18 and 20%.

The group fed with the lowest protein level during the starting period was also fed with the lowest protein level in the second period. In both periods the diets were isocaloric (3000 Kcal EM/Kg diet). Water and feed were offered *ad libitum*.

Feed intake (g/10 birds/day), weight gain (g/10 birds/day) and feed conversion were evaluated. There were significant statistical differences ($P \leq 0.05$) for feed intake during both periods. In the starting period, the birds fed the lowest protein level showed the lowest intake. In the finishing period, the 14, 16 and 20% protein levels showed significant differences among them, and feed intake increased as the protein level did.

As for weight gain, significant statistical differences ($P \leq 0.05$) were found among all treatments during the starting period. In the second period, only the 18 and 20% protein levels did not differ significantly.

Feed conversion showed a similar pattern in both periods. However, the only significant difference found was between the two lowest and the two highest protein levels.

The economic analysis showed that the higher economic yield is not reached getting high net profits but getting high net profits at a low cost.

INTRODUCCION

Tradicionalmente, en nuestros países, se han utilizado tablas de requerimientos de nutrientes para el balance de dietas para pollos de engorde, que, además de dar valores fijos para los requerimientos, son desarrollados con tecnología muy avanzada, condiciones cuidadosamente controladas y con márgenes de seguridad muy amplios que resultan muy costosos. Sin embargo, los requerimientos de las aves de corral no son constantes, sino que varían de acuerdo con muchos factores, entre ellos el contenido de energía y otros nutrientes en la dieta (JACKSON *et al.* 1982; DALE 1983; PESTI y FLETCHER 1984; GROUS *et al.* 1987; HUSSEINI *et al.* 1987).

Al existir una relación inversa entre el consumo de alimento y el nivel de energía en la dieta, se debe aumentar la concentración de los demás nutrientes en la dieta, especialmente proteína, cuando el nivel energético de la misma es elevado, de lo contrario habrá un déficit de nutrientes que afectaría el rendimiento animal. Las diferentes tablas asignan un nivel de proteína para las dietas de pollos de engorde, con un nivel fijo de energía metabolizable de alrededor de 3200 Kcal/Kg de alimento. Al respecto DALE (1983), dice que en América Latina los contenidos energéticos de los alimentos comerciales utilizados en aves, difícilmente alcanzan estos niveles, por lo que el uso de este tipo de tablas propicia un desperdicio de nutrientes, en particular proteína que resulta ser el más caro.

Muchos investigadores coinciden en que existe una estrecha relación entre el número de kilocalorías de energía metabolizable (EM) en la dieta y el porcentaje de proteína de la misma (DONALDSON *et al.* 1956; JACKSON *et al.* 1982; HUSSEINI *et al.* 1987; NORTH 1986). De acuerdo con PESTI y FLETCHER (1983), esta relación energía: proteína fue desarrollada como un simple promedio para balancear los contenidos de energía y proteína en aves de corral, sin embargo, es una herramienta de gran importancia en la formulación y balance de las dietas para aves, ya que influye sobre el consumo de alimento, ganancia de peso y la conversión alimenticia.

El consumo de alimento depende tanto del contenido energético de la dieta como de su nivel

de proteína (SPILLER *et al.* 1976; PESTI 1982; GROUS *et al.* 1987). BAKER (1986), concluyó que hay un mayor consumo de alimento cuando se utilizan dietas con 16% de proteína, comparándolas con dietas con 24% de proteína, siempre y cuando se aumente el contenido energético de la dieta de 2400 a 3366 Kcal EM/Kg de alimento. PESTI y FLETCHER (1984), determinaron que el consumo de alimento en pollos de engorde, aumentó cuando se utilizaron dietas con 17,5% de proteína en la etapa de iniciación y 22% en finalización, con un nivel de EM de 3150 Kcal/Kg de alimento. En este mismo sentido, SUMMERS *et al.* (1964), demostraron que una deficiencia moderada de proteína en la dieta puede ser superada por un aumento en el consumo de alimento. BUCKNER y SAVAGE (1986), encontraron también que el consumo de alimento no disminuyó cuando se usaron dietas con bajos niveles de proteína (5 y 7%), debido a la adición de grasa a la dieta que influyó en la aceptabilidad, concluyendo que el consumo de alimento está influenciado tanto por el nivel energético de la dieta como por su aceptabilidad. HILL y DANSKY citados por SUMMERS *et al.* (1964), demostraron que el consumo de alimento está determinado principalmente por el nivel energético de la dieta, sin embargo, EMMANS (1981), argumenta que la regulación del alimento consumido está relacionada con la concentración de un nutriente primario limitante en la dieta, y que la energía es sólo ocasionalmente ese nutriente.

En relación con la ganancia de peso, SUNDE *et al.* (1984), encontraron que el crecimiento está dado por la deposición de proteína, que es el resultado de dos procesos dinámicos opuestos: síntesis y degradación de proteína. Estos autores hallaron que el crecimiento en pollos jóvenes es mayor que en pollos maduros y que el mismo puede estar dado, ya sea por un incremento de la tasa de síntesis o por una disminución en la degradación de la proteína.

En pollos de engorde, se ha comprobado que al aumentar el nivel de energía en la dieta se produce una mejora en la ganancia de peso, sin embargo, la interacción que existe entre los niveles de energía y proteína hace necesario que haya un balance entre ellos para obtener un desempeño óptimo (DONALDSON *et al.* 1956; WALDROUP *et al.* 1976). Al respecto se encontró que cuando el nivel de energía se mantiene alto y el de proteína se reduce se produce una disminución en la ganancia

de peso (HILL y DANSKY 1950; SUMMERS *et al.* 1964; JACKSON *et al.* 1982; PESTI y FLETCHER 1983).

Muchos investigadores concuerdan en que al aumentar los niveles de proteína y energía, juntos o por separado, en las dietas para aves, la conversión alimenticia se mejora, existiendo por lo tanto una dependencia entre los niveles de proteína y energía por un lado y la conversión alimenticia por el otro (DONALDSON 1956; SUMMERS *et al.* 1964; GRIFFITHS *et al.* 1977; PESTI y FLETCHER 1983; DIAMBRA y MCCARTNEY 1985).

Mediante esta investigación se pretende estimar niveles adecuados de proteína, utilizando un nivel fijo de energía en dietas para pollos de engorde elaboradas con materias primas nacionales.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 160 pollitos de 1 día de edad, sin sexar, del híbrido comercial Indian River que fueron distribuidos al azar entre 4 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones y 10 aves en cada una. El ensayo se dividió en 2 períodos, el de iniciación con una duración de 4 semanas y el período de finalización de 3 semanas. El agua y el alimento fueron suministrados *ad libitum* durante las 2 etapas.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1- 18% de proteína en la dieta de iniciación y 14% en la de finalización.
- 2- 20% de proteína en la dieta de iniciación y 16% en la de finalización.
- 3- 22% de proteína en la dieta de iniciación y 18% en la de finalización.
- 4- 24% de proteína en la dieta de iniciación y 20% en la de finalización.

Todas las dietas se prepararon isocalóricas, con un nivel energético de 3000 Kcal EM/Kg de alimento.

El análisis proximal de las dietas experimentales se presenta en los cuadros 1 y 2 y su composición porcentual en los cuadros 3 y 4.

Las variables evaluadas fueron:

- a) Consumo de alimento (g/10 aves/día).
- b) Ganancia de peso (g/10 aves/día).
- c) Conversión alimenticia.
- d) Rendimiento económico.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar. Los datos obtenidos fueron ordenados y sometidos a un análisis de varianza y las medias se compararon mediante una prueba de Duncan (STEEL y TORRIE

Cuadro 1.

Análisis proximal de las dietas experimentales. Período de iniciación (Base seca)*.

Variable	Dietas experimentales			
	1	2	3	4
Proteína cruda (%)	17,74	19,44	21,77	23,72
Extracto etéreo (%)	4,65	5,27	5,61	5,55
Cenizas (%)	5,37	5,71	5,70	6,04
Fibra cruda (%)	2,63	2,74	3,50	3,94
Extracto libre de nitrógeno (%)	69,61	66,84	63,42	60,75
Energía metabolizable (Kcal/Kg)**	3052,55	3029,97	3033,68	3010,93
Relación energía: proteína***	167,00	150,00	136,40	125,00

* Laboratorio Nutrición Animal. ECA. UNA.

** Análisis calculado.

*** Kcal EM/Kg de dieta por punto porcentual de proteína.

Cuadro 2.

**Análisis proximal de las dietas experimentales.
Período de finalización (Base seca)*.**

Variable	Dietas experimentales			
	1	2	3	4
Proteína cruda (%)	13,90	15,99	17,56	19,92
Extracto etéreo (%)	5,67	5,52	4,83	5,36
Cenizas (%)	4,96	4,73	5,21	5,45
Fibra cruda (%)	2,42	2,59	2,69	3,37
Extracto libre de nitrógeno (%)	73,05	71,17	69,71	65,90
Energía metabolizable (Kcal/Kg)**	3112,11	3063,92	3013,92	2964,80
Relación energía: proteína***	214,30	187,50	167,00	150,00

* Laboratorio de Nutrición Animal. ECA. UNA.

** Análisis calculado.

*** Kcal EM/Kg de dieta por punto porcentual de proteína.

1986) cuando fue necesario, asociando las diferencias estadísticas significativas a un mínimo de probabilidad de 5%. También se realizó un análisis de regresión para determinar la tendencia general de las medias de los tratamientos, según el método de DRAPER y SMITH (1981), para el análisis de regresión con varias repeticiones.

Para el análisis económico se utilizó la

metodología empleada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos (PERRIN *et al.* 1976; CALVO 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para los períodos

Cuadro 3.

**Composición de las dietas experimentales.
Período de iniciación.**

Ingredientes %	Tratamientos			
	1	2	3	4
Maíz	72,09	65,76	58,79	52,44
Harina de soya	15,04	20,87	26,84	32,69
Harina de carne y hueso	5,00	5,00	5,00	5,00
Tortave	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitaminas y minerales	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal	0,25	0,25	0,25	0,25
Coccidiostato	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfato dicálcico	0,62	0,62	0,62	0,62
Carbonato de calcio	0,35	0,35	0,35	0,35
D.L. metionina	0,15	0,15	0,15	0,15
Aceite vegetal	1,00	1,50	2,50	3,00

Cuadro 4.

**Composición de las dietas experimentales.
Período de finalización.**

Ingredientes %	Tratamientos			
	1	2	3	4
Maíz	85,29	79,58	73,86	68,14
Harina de soya	3,24	8,95	14,67	20,39
Harina de carne y hueso	5,00	5,00	5,00	5,00
Tortave	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitaminas y minerales	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal	0,25	0,25	0,25	0,25
Coccidiostato	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfato dicálcico	0,35	0,35	0,35	0,35
Carbonato de calcio	0,34	0,34	0,34	0,34
D.L. metionina	0,03	0,03	0,03	0,03

Cuadro 5.

**Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de las aves
(período de iniciación 0-4 semanas).**

Parámetros	Tratamientos			
	1	2	3	4
Consumo de alimento diario (g/10 aves)	417,84 ^a	495,88 ^b	478,79 ^b	500,31 ^b
Ganancia de peso diaria (g/10 aves)	202,95 ^a	267,68 ^b	289,02 ^c	310,68 ^d
Conversión alimenticia	2,055 ^a	1,852 ^b	1,658 ^c	1,610 ^c

a, b, c y d; medias en la misma línea con diferente letra, difieren significativamente ($P \leq 0,05$).

de iniciación y finalización se presentan en los cuadros 5 y 6, respectivamente.

Consumo de alimento

Hubo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre las medias de los tratamientos, en ambos períodos. En la etapa de iniciación, las aves del tratamiento con menor porcentaje de proteína consumieron una menor cantidad de alimento, comparadas con las de los otros grupos, entre los cuales no hubo diferencias estadísticas significativas. El

mayor consumo de alimento se dio en las aves que consumieron la dieta con 24% de proteína, seguidas por las de los grupos con 20 y 22% de proteína, respectivamente.

En el período de finalización, las aves alimentadas con la dieta que contenía el nivel menor de proteína presentaron el menor consumo de alimento, estadísticamente diferente al de los otros grupos.

El grupo de aves que se alimentó con la dieta con 20% de proteína, presentó el mayor consumo de alimento, sin embargo, no difirió

Cuadro 6.

Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de las aves
(período de finalización 5-7 semanas).

Parámetros	Tratamientos			
	1	2	3	4
Consumo de alimento diario (g/10 aves)	746,26 ^a	1048,28 ^b	1083,09 ^b	1164,84 ^c
Ganancia de peso diaria (g/10 aves)	233,45 ^a	378,39 ^b	429,08 ^c	475,89 ^c
Conversión alimenticia	1,192 ^a	2,782 ^b	2,528 ^c	2,452 ^c

a, b y c: medias en la misma línea con diferente letra, difieren significativamente ($P \leq 0,05$).

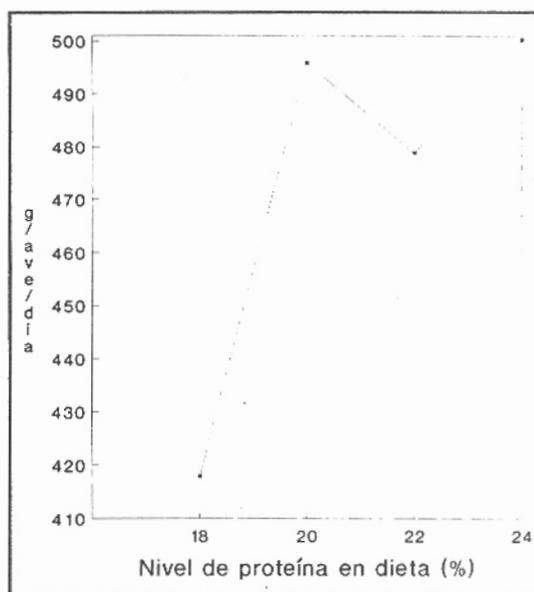


Figura 1. Efecto de los diferentes niveles de proteína sobre el consumo de alimento en la etapa de iniciación.

significativamente del grupo con 18% de proteína pero sí del grupo con 16%. Entre estos dos últimos no hubo diferencias significativas.

La figura 1 muestra como, en el período de iniciación, el consumo de alimento se incrementa al aumentar el nivel de proteína en la dieta, sin embargo, se nota que al pasar del nivel de 20 al 22% de proteína existe un descenso en el consumo de alimento. Este comportamiento mostró ser significativo ($P \leq 0,05$) en el presente análisis, con un $R^2 =$

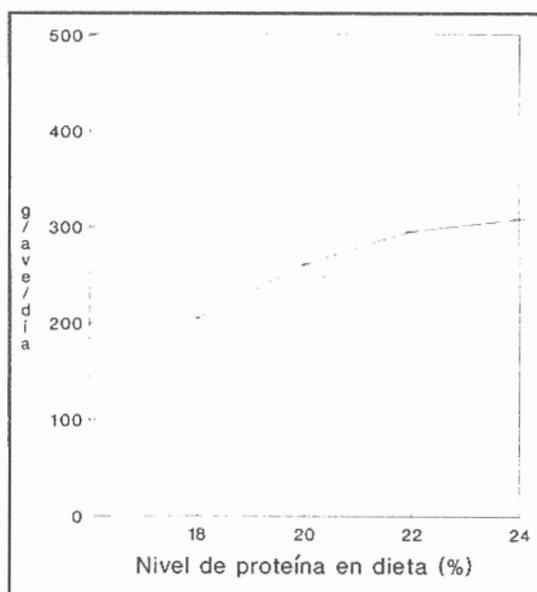


Figura 2. Efecto de los diferentes niveles de proteína sobre la ganancia de peso en la etapa de iniciación.

1,00, que denota un ajuste total a esa tendencia. En el período de finalización la tendencia fue la misma (figura 4).

SCOTT *et al.* (1973), mostraron que el consumo de alimento en pollos de engorde está regulado principalmente por el nivel de energía en la dieta, existiendo una relación inversa entre el nivel de energía en la dieta y el consumo de alimento. En este ensayo, a pesar de que todas las dietas fueron isocalóricas (3000 Kcal EM/Kg), en algu-

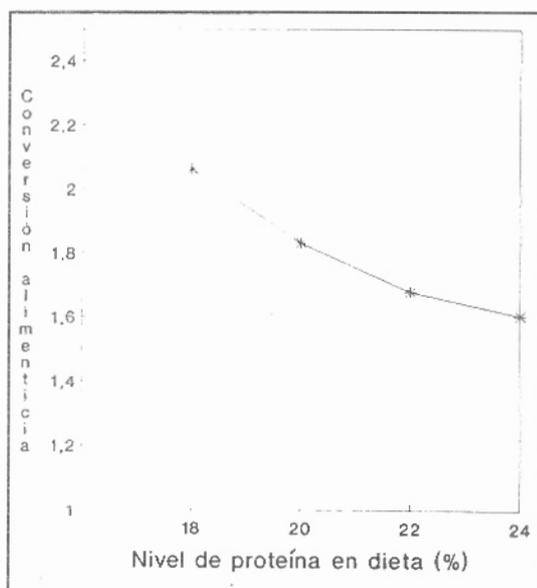


Figura 3. Efecto de los diferentes niveles de proteína sobre la conversión de alimento en la etapa de iniciación.

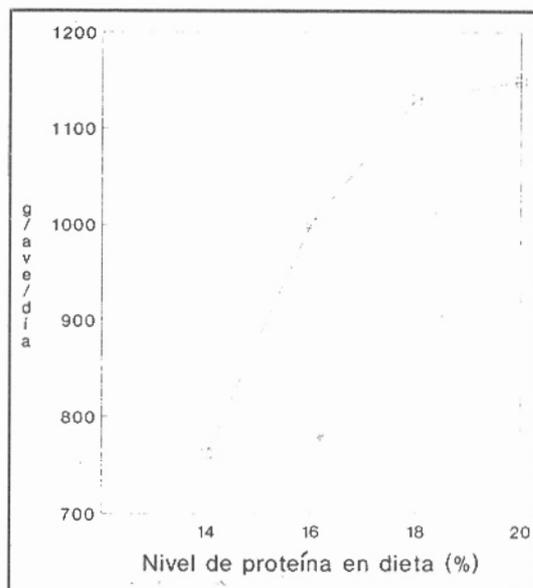


Figura 4. Efecto de los diferentes niveles de proteína sobre el consumo de alimento en la etapa de finalización.

nos tratamientos se observaron aumentos significativos en el consumo de alimento. Es importante considerar, para explicar este comportamiento, la relación energía: proteína y su efecto sobre el consumo de alimento, dado que una deficiencia de proteína puede ser considerada también como un exceso de energía, por lo que el ave ante esta situación tiende a disminuir el consumo de alimento. Esto explica las diferencias significativas en el consumo de alimento entre el nivel de 18% de proteína y todos los demás en el período de iniciación y de los niveles de 14 y 16% con el de 20% de proteína en el de finalización. En estos casos, la relación energía: proteína aumentó, al disminuir los niveles de proteína, lo que trajo como consecuencia un descenso en el consumo de alimento. Cuando no se presentaron diferencias estadísticas, pese a que se varió el nivel de proteína en las dietas, la explicación, según OLOMUJ y OFFLONG (1983) y CHI (1985), es que la variación en la relación energía: proteína no fue muy marcada.

Además de las razones anteriormente expuestas, las diferencias significativas en el consumo de alimento, en el período de finalización pueden atribuirse al peso corporal con que llegaron las aves a este período, debido a las diferentes

ganancias de peso en el período de iniciación, dado que aves más pesadas consumen una mayor cantidad de alimento.

La tendencia observada en las figuras 1 y 4 revela que al incrementarse los niveles de proteína, se aumenta el consumo de alimento. Se observa que en la etapa de iniciación, para la dieta con 20% de proteína, se da un aumento en el consumo de alimento con respecto a la dieta con 22% de proteína. Esto podría deberse, según SUMMERS *et al.* (1964), a que en aves, una moderada deficiencia de proteína en la dieta, puede ser superada con un aumento en el consumo de alimento.

Ganancia de peso

Hubo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre las medias de los tratamientos, en ambos períodos. Para el período de iniciación, la mayor ganancia de peso correspondió a las aves alimentadas con la dieta que contenía 24% de proteína, mientras que la menor fue para la dieta con 18% de proteína. Las medias de los 4 tratamientos fueron diferentes estadísticamente.

En el período de finalización, las aves que mostraron mayores ganancias de peso fueron las

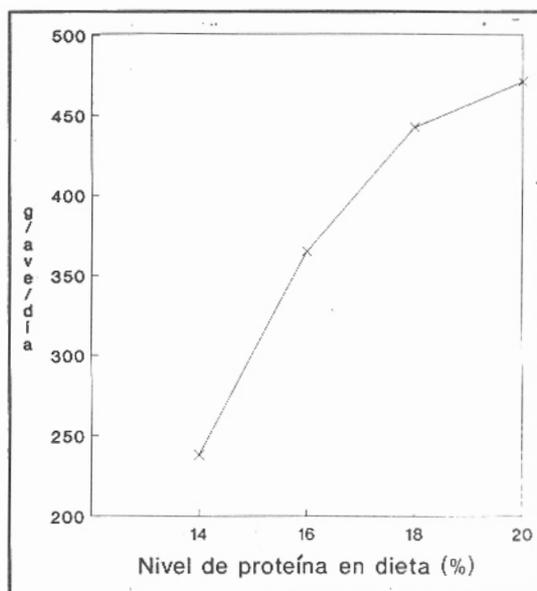


Figura 5. Efecto de los diferentes niveles de proteína sobre la ganancia de peso en la etapa de finalización.

alimentadas con la dieta con 20% de proteína, seguidas por las de los grupos alimentados con dietas con 18, 16 y 14% de proteína, respectivamente. En este caso, se presentaron diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos con menores porcentajes de proteína y todos los demás, pero no entre los dos tratamientos con 18 y 20% de proteína.

Las figuras 2 y 5 muestran una clara tendencia a aumentar la ganancia de peso conforme se incrementa el nivel de proteína en la dieta, en los períodos de iniciación y finalización, respectivamente.

Los resultados de este ensayo concuerdan con lo reportado por DONALDSON *et al.* (1956), PESTI (1982) y PESTI y FLETCHER (1983), quienes sostienen que un aumento en el contenido de proteína en la dieta trae como consecuencia mayores ganancias de peso, ya que hay mayor disponibilidad de este nutriente que el animal puede utilizar en producción de tejido muscular.

Tanto en iniciación como en finalización, las dietas con los niveles más bajos de proteína provocaron en las aves las menores ganancias de peso, lo que se podría deber a un menor consumo de alimento, que a su vez se debe a un elevado nivel

energético en la dieta, dado que las relaciones energía: proteína son altas. Esto hace que las aves llenen su necesidad de energía con un consumo de alimento muy bajo y por lo tanto un consumo de proteína por debajo del necesario para un adecuado crecimiento.

Tanto en iniciación como en finalización, las mayores ganancias de peso se dieron con las relaciones energía: proteína más bajas. Sin embargo, estas relaciones fueron bajas debido a un aumento en el nivel de proteína, y no a una disminución en el nivel de energía en la dieta. Al comparar las ganancias de peso con el consumo de alimento, en los niveles más altos de proteína, se puede observar que este último no mostró diferencias significativas, lo cual nos indica que las aves ganaron más peso gracias a una mayor disponibilidad de proteína en la dieta, y no a un aumento en el consumo de alimento.

Conversión alimenticia

Hubo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre las medias de los tratamientos en ambos períodos. En el período de iniciación, el mejor índice de conversión alimenticia fue obtenido

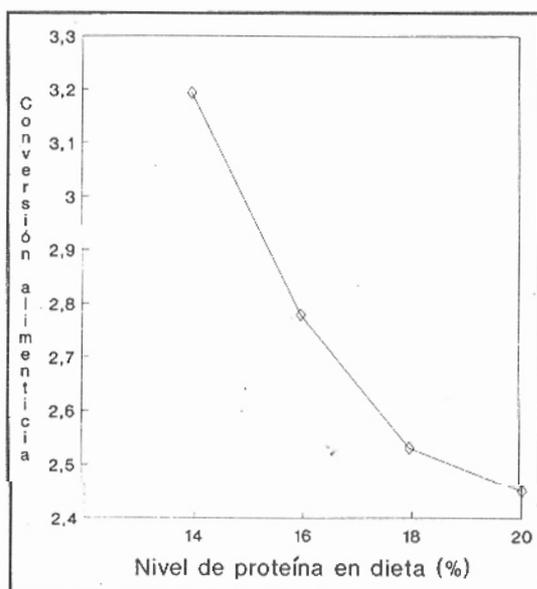


Figura 6. Efecto de los diferentes niveles de proteína sobre la conversión de alimento en la etapa de finalización.

do por las aves alimentadas con la dieta con 24% de proteína, seguidas por las aves alimentadas con 22, 20 y 18% de proteína en la dieta, respectivamente. En el segundo período, la mejor conversión alimenticia se obtuvo con la dieta que contenía 20% de proteína, y las aves alimentadas con la dieta con 14% de proteína necesitaron la más alta cantidad de alimento consumido por unidad de peso ganado.

Las figuras 3 y 6 muestran una tendencia a disminuir el índice de conversión alimenticia conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, en iniciación y finalización, respectivamente. Esta tendencia, parece ser producto principalmente de aumentos en la ganancia de peso, sobre todo en los niveles más altos de proteína en ambos períodos.

La dieta más eficiente en la utilización del alimento en la etapa de iniciación fue la que contenía 24% de proteína, pero no difirió significativamente ($P \geq 0,05$) con la dieta con 22% de proteína. En la etapa de finalización, el comportamiento fue similar, las dietas con los niveles más altos de proteína (18 y 20%) presentaron las mejores conversiones de alimento, no mostrando diferencias estadísticas significativas entre ellos pero sí con los demás.

Los resultados para la conversión alimenticia, concuerdan con lo hallado por SUMMERS *et al.* (1964) y PESTI y FLETCHER (1983), quienes observaron que un aumento en el nivel de proteína en la dieta de pollos de engorde, trae como consecuencia una mejor conversión de alimento.

Se observa en los resultados que los cambios en la conversión alimenticia están en función de la ganancia de peso, y no del consumo de alimento, lo cual concuerda con PESTI (1982).

Las relaciones energía: proteína óptimas fueron de 125 y 136,4 en iniciación y 150 y 167 para finalización. SCOTT *et al.* (1973), concluyeron que las mejores relaciones energía: proteína, desde el punto de vista de eficiencia alimenticia, son 133 y 160 para iniciación y finalización, respectivamente, lo cual concuerda con los resultados del presente trabajo.

Análisis económico

Los resultados del análisis económico aparecen en los cuadros 7, 8, 9, 10 y 11 y en la figura 7.

Este análisis nos muestra que los mayores

Cuadro 7.

Presupuesto parcial para los diferentes tratamientos. En colones.

Concepto	Tratamientos			
	1	2	3	4
Alimento*				
Iniciación	327,29	355,64	348,65	381,65
Finalización	435,20	559,50	607,42	676,83
Total				
Costos variables*	762,49	915,14	956,07	1058,48
Kg producidos*	10,99	15,86	17,51	19,10
Precio de venta**	100,00	100,00	100,00	100,00
Ingreso bruto	1099,00	1586,00	1751,00	1910,00
Beneficio neto	336,51	670,86	794,93	851,52
Costo/pollo	76,25	91,51	95,61	105,85
Costo/Kg producido	69,38	57,69	54,61	55,42
Relación beneficio/costo	1,44	1,73	1,83	1,80

* Promedio de las repeticiones.

** Precio del momento de Kg de pollo en pie.

Cuadro 8.

Análisis marginal de los beneficios netos de los tratamientos. En colones.

Beneficio neto	Trat.	Costo variable	Incremento marginal		Tasa retorno marginal
			Beneficio neto	Costo variable	
851,52	4	1058,48	56,59	102,14	55,26
794,93	3	956,07	124,07	40,93	303,13
670,86	2	915,14	334,35	152,65	219,03
336,51	1	762,49	—	—	—

Cuadro 9.

Análisis de sensibilidad variando los costos variables $\pm 10\%$.
En colones.

Trat.	Ingreso bruto	Costo variable		Beneficio neto	
		+10%	-10%	+10%	-10%
4	1910,00	1164,33	952,63	745,67	957,37
3	1751,00	1051,68	860,46	699,32	890,54
2	1586,00	1006,65	823,63	579,35	762,37
1	1099,00	838,74	666,24	260,26	432,76

Cuadro 10.

Análisis marginal aumentando los costos variables un 10%.
En colones.

Beneficio neto	Trat.	Costo variable	Incremento marginal		Tasa retorno marginal
			Beneficio neto	Costo variable	
745,67	4	1164,33	46,35	112,65	41,15
699,32	3	1051,68	119,97	45,03	266,42
579,35	2	1006,65	319,09	167,91	190,04
260,26	1	838,74	—	—	—

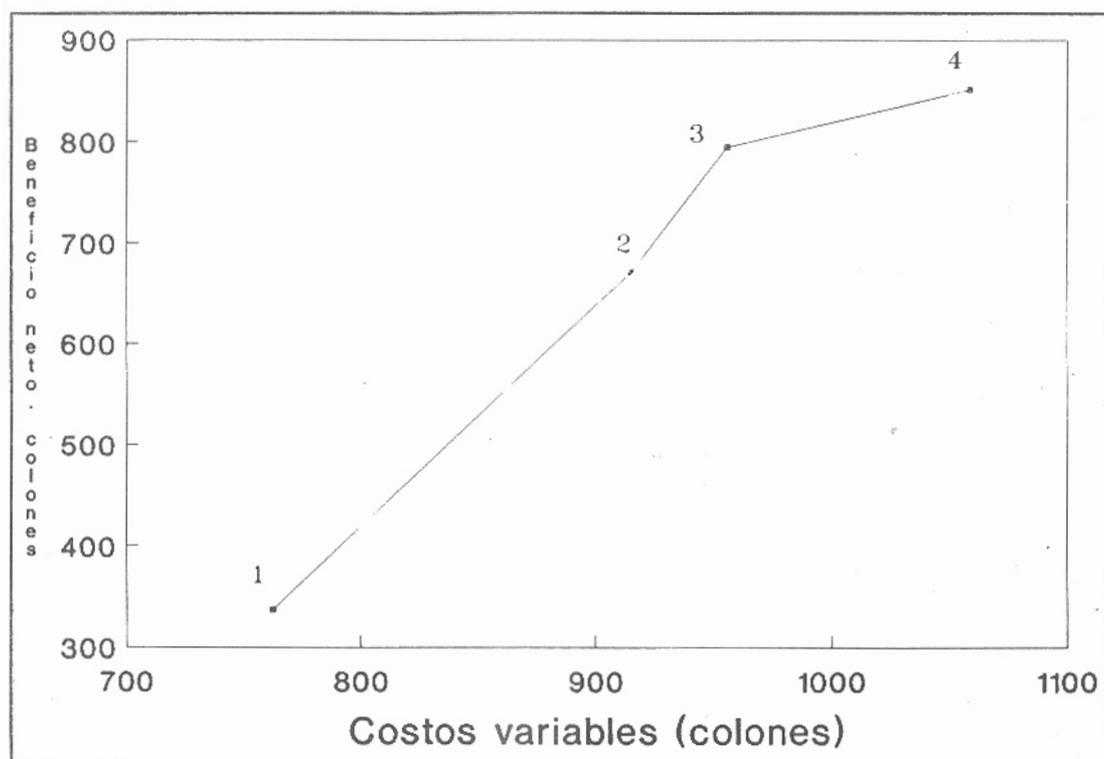


Figura 7. Curva de beneficio neto para cada tratamiento.

beneficios netos fueron alcanzados por los tratamientos con más altos niveles de proteína. Esto es debido a que, aunque los costos por alimentación (costos variables) fueron mayores conforme aumentaron los niveles de proteína, los ingresos brutos por concepto de Kg de carne producidos fueron

también mayores. Es importante aclarar que aunque el beneficio neto va aumentando en los tratamientos con mayores niveles de proteína, este aumento es cada vez menor existiendo una diferencia de apenas ¢ 56,59 entre los tratamientos 3 y 4.

Si se toman en cuenta los costos por Kg de

Cuadro 11.

Análisis marginal disminuyendo los costos variables un 10%.
En colones.

Beneficio neto	Trat.	Costo variable	Incremento marginal		Tasa retorno marginal
			Beneficio neto	Costo variable	
957,37	4	952,63	66,83	92,17	72,51
890,54	3	860,46	128,17	36,83	348,00
762,37	2	823,63	329,61	157,39	209,42
432,76	1	666,24	—	—	—

carne producido y la relación beneficio/costo, el tratamiento 3 es el que mejor se comporta, ya que presenta el menor costo (¢ 54,61) y la relación más alta (1,83).

El tratamiento 3 presenta también la mejor tasa de retorno marginal (cuadro 8), lo cual significa que por cada colón invertido en la alimentación obtenemos ¢ 303,13, siendo, por lo tanto, el tratamiento que mayores beneficios netos produce. Los tratamientos 2 y 4 mostraron una tasa de retorno marginal de ¢ 219,03 y ¢ 55,03, respectivamente, lo cual deja al tratamiento 2 como la alternativa al 3 y descarta al 4 por presentar una tasa de retorno marginal muy baja.

Hay que dejar claro que esta metodología sólo toma en cuenta entre los costos variables, la alimentación (debido a que son los únicos costos que varían entre los tratamientos) y, por lo tanto, las tasas de retorno marginal obtenidas no son reales, ya que de considerar, además de la alimentación, los otros costos variables en que incurre una explotación avícola de carne, las tasas de retorno marginal serían menores.

Los análisis de sensibilidad (cuadros 9, 10 y 11) siguen mostrando al tratamiento 3 como la mejor opción. Esto es importante, ya que una variación de $\pm 10\%$ en los costos de alimentación, es considerable y representativa, ya que la alimentación es el más fluctuante entre los costos de producción en las explotaciones avícolas.

Se desprende de este análisis económico que el mayor rendimiento económico no se alcanza al obtener los mayores beneficios netos, como en el caso del tratamiento 4, sino en donde se logren los mayores beneficios netos a un costo menor (tasa de retorno marginal), que es el caso del tratamiento 3.

LITERATURA CITADA

- Baker, D.H. 1986. Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. *Journal of Nutrition*. 116: 2339-2349.
- Buckner, R.E. and T.F. Savage. 1986. The effects of feeding 5, 7 and 8 percent crude protein diets to caged broiler breeder males. *Nutrition Reports International*. 34: 967-975.
- Calvo, G. 1988. Análisis en la investigación. En: Curso para investigadores en raíces y tubérculos. Metodología adaptada por el CATIE. Turrialba. Costa Rica. Mimeo. 19 pp.
- Chi, M.S. 1985. Effect of low protein diets for growing Leghorn pullets upon subsequent laying performance. *Br. Poultry Science*. 26: 433-440.
- Dale, N. 1983. Requerimientos de aminoácidos. Tabla de la Universidad de Maryland para pollos de engorde. *Avicultura Profesional*. 1: 138-139.
- Diambra, O.H. and M.G. McCartney. 1985. The effect of low protein finisher diets on broiler male performance and abdominal fat. *Poultry Science*. 64: 2013-2015.
- Donaldson, W.E., G.F. Combs and G.L. Romoser. 1956. Studies on energy levels in poultry rations. 1. The effects of calorie-protein ratio of the ration on growth, nutrient utilization and body composition of chicks. *Poultry Science*. 35: 1100-1105.
- Draper, N. and H. Smith. 1981. *Applied Regression*. 2nd. ed. Edit. John Wiley & Son. United States. 709 pp.
- Emmans, G.S. 1981. A method for the growth and feed intake of *ad libitum* fed animals, particularly poultry. *Computers in Animal Production*. Occasional publication N° 5. British Society of Animal Production.
- Griffiths, L., S. Leeson and J.D. Summers. 1977. Fat deposition in broilers: effects of dietary energy to protein balance, and early caloric restriction on productive performance and abdominal pad size. *Poultry Science*. 56: 638-646.
- Grous, R.M., M. Griessen and T.R. Morris. 1987. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to aminoacids. *Br. Poultry Science*. 28: 427-436.
- Hill, F.W. and L.M. Dansky. 1950. Studies of the protein requirement of chicks and its relation to dietary energy level. *Poultry Science*. 29: 703.
- Husseini, M.D., M.F. Diab, A.J. Salman and A.M. Dandan. 1987. Effect of dietary protein, energy levels and bird stocking density on the performance of broilers under elevated temperature. *Nutrition Reports International*. 36: 261-272.
- Jackson, S., J.D. Summers and S. Leeson. 1982. Effects of dietary protein and energy on broiler performance and production costs. *Poultry Science*. 61: 2232-2240.
- North, M.O. 1986. *Manual de Producción Avícola*. 2nd. ed. Editorial El Manual Moderno. México D.F. 856 pp.
- Olomu, J.D. and S.A. Offiong. 1983. The performance of brown egg type layers fed different protein and energy levels in the tropics. *Poultry Science*. 62: 345-352.
- Perrin, R.K., L.D. Winkelman, R.E. Moscardi y R.J. Anderson. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Folleto de información N° 27. CIMMYT, México. 54 pp.
- Pesti, G.M. 1982. Characterization of the response of male

- broiler chickens to diets of various protein and energy contents. *Br. Poultry Science*. 23: 527-537.
- Pesti, G.M. and D.L. Fletcher. 1983. The response of male broiler chickens to diets with various protein and energy contents during the growing phase. *Br. Poultry Science*. 24: 91-92.
- Pesti, G.M. and D.L. Fletcher. 1984. The response of male broiler chickens to diets with various protein contents during the grower and finisher phases. *Br. Poultry Science*. 25: 415-423.
- Scott, M., R. Young y M. Nesheim. 1973. Alimentación de las aves. Trad. Alfonso Corral Andrade. 1era. ed. Ediciones GEA. Barcelona, España. 507 pp.
- Spiller, R.J., R.W. Dorminey, G.H. Arscott and P.E. Bernier. 1976. The effect of feeding a low-protein developer to dwarf White Leghorn pullets. *Poultry Science*. 55: 2172-2175.
- Steel, R. y J. Torrie. 1986. Bioestadística: principios y fundamentos. 2da. ed. Mc Graw-Hill. México. 622 pp.
- Summers, J.D., S.J. Slinger, I.R. Sibbald and W.F. Pepper. 1964. Influence of protein and energy on growth and protein utilization in the growing chicken. *Journal of Nutrition*. 82: 463-468.
- Sunde, M.L., R.W. Swick and C.W. Kang. 1984. Protein Degradation: An important consideration. *Poultry Science*. 63: 2055-2061.
- Waldroup, P.W., R.J. Mitchell, J.R. Payne and Z.B. Johnson. 1976. Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nutrient density content. *Poultry Science*. 55: 130-145.