

ESTUDIOS CON NIVELES DE ENERGÍA, UTILIZANDO DIETAS OBTENIDAS POR PROGRAMACIÓN LINEAL

M.V.Z. ERNESTO AVILA G.¹

Ing. Agr. Ph. D. MANUEL CUCA G.¹

Ing. Agr. Ph. D. AUGUSTO AGUILERA A.^{1, 2}

Resumen

Se estudiaron 3 niveles energéticos correspondientes a 300, 280 y 260 Kcal./100 g. de alimento, en el Campo Experimental Santa Elena en Toluca, Estado de México. Los resultados obtenidos en 336 días indicaron que no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en producción y peso del huevo, pero se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en consumo de alimento y conversión alimenticia. Los ingresos aumentaron a medida que se incrementó la energía en la ración. En el Campo El Horno en Chapingo, Méx., se estudiaron los niveles de 300 y 260 Kcal. y una dieta modificada con un mayor contenido de lisina y proteína. Los resultados obtenidos en 266 días indicaron que no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en producción y peso del huevo, pero sí hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en consumo y conversión alimenticia.

Actualmente la programación lineal es utilizada por las industrias que se dedican a la fabricación de alimentos para animales, con el propósito de formular raciones económicas, además de lograr un ahorro en el trabajo del nutriólogo, que le permita dedicar mayor atención a problemas de otra índole.

La aplicación de este método, en estudios de nutrición, permite obtener dietas más exactas en determinados límites de aminoácidos, así como en otros nutrientes (Couch, 1966).

El objetivo de este estudio fue observar el comportamiento de 3 dietas con 3 niveles energéticos, desarrolladas por Aguilera, 1966, mediante programación lineal, para ser utilizadas en el Campo Experimental Santa Elena en Toluca, Edo. de México (temperatura media anual 9.9°C., con variación de 7.6°C. a 17.2°C.), en comparación con dos niveles energéticos, también desarrollados por programación lineal, en el Campo Experimental El Horno, en Chapingo, Edo. de México (temperatura media de 15.5°C. con variación de 11.8°C. a 18.1°C.).

Material y métodos

Se llevaron a cabo dos experimentos, los cuales se explican a continuación:

Recibido para su publicación: Marzo 15 de 1969.

¹ Técnicos del Departamento de Avicultura. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías, S.A.G., Carr. México-Toluca Km. 15½, México, D. F.

² Dirección actual: Departamento de Zootecnia, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.

Primer experimento

Este experimento se inició en el mes de diciembre de 1965 en el Campo Experimental Santa Elena, Edo. de México. Se utilizaron las dietas obtenidas por Programación Lineal de 300, 280 y 260 Kcal./100 g. de alimento y se compararon con una dieta testigo para gallinas ponedoras (Aguilera y Pino, 1965). (Cuadro 1.)

Se utilizaron 240 gallinas de una línea comercial Leghorn blanca al inicio de postura (5 meses 12 días de edad); las aves se distribuyeron en 12 grupos de 20 aves cada uno. Se utilizó un diseño completamente al azar de 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno.

Las aves estuvieron alojadas en jaulas individuales, durante todo el experimento con agua y alimento *ad libitum*. A intervalos de 14 días durante los 336 que duró el experimento, se llevaron registros de producción de huevo, conversión alimenticia. Además se llevó a cabo un estudio económico para cada una de las dietas. Dado que las dietas experimentales de 280 y 260 Kcal. contenían cantidades altas de harinolina (Cuadro 1), se almacenaron 240 huevos a los 270 días de experimentación, con el objeto de observar si estas dietas tenían algún efecto sobre la coloración de la yema. Los huevos se abrieron a los 14, 28, 83 y 180 días de almacenados.

Segundo experimento

Este experimento se inició el mes de diciembre de 1966 en el Campo Experimental El

CUADRO 1

Composición de las dietas experimentales. (Experimento 1.)

Ingredientes	Programas			Testigo
	300	kilocalorías/100 g.		kilocalorías /100 g.
		280	260	292
Maíz (8.3) ¹	21.11	---	---	69.5
Sorgo (8.5)	54.46	65.91	57.92	---
Harinolina (43.0)	0.02	14.93	11.00	---
Harina de pescado (58.1)	13.31	6.70	6.85	2.5
Pasta de ajonjolí (43.5)	0.60	2.28	3.46	10.0
Pasta de soya (49.1)	---	---	0.80	5.0
Harina de carne (49.9)	2.75	---	---	2.0
Salvado de trigo (16.0)	---	---	8.58	---
Harina de alfalfa (19.0)	3.00	3.00	3.00	3.0
Carbonato de calcio	4.46	4.69	6.70	4.5
Roca fosfórica	---	2.19	1.40	3.0
sal	0.30	0.30	0.30	0.5
Minerales traza (250 g./ton..) ²	+	+	+	+
Vitaminas ²	+	+	+	+
	100.00	100.00	100.00	100.00
% de proteína calculada	16.32	17.47	17.46	15.59
% de lisina	0.94	0.77	0.77	0.65
% de metionina + cistina	0.58	0.58	0.57	0.55
% de Ca	2.75	2.91	3.51	3.25
% de P	0.76	0.75	0.75	0.78
Costo por tonelada:	\$ 1,053.00	903.00	893.00	1,048.00

1 Los números entre paréntesis se refieren al contenido de proteína de cada ingrediente

2 La recomendada por Aguilera y Pino, 1985.

Horno, Chapingo. Se utilizaron las dietas de 300 y 260 Kcal. de energía metabolizable por 100 g. de alimento, y se compararon con la dieta testigo del experimento anterior y con otra dieta testigo modificada que tenía un contenido mayor de proteína y lisina. Esta última comparación se llevó a cabo debido a que la primera: dieta testigo llenaba por cálculo las recomendaciones del N.R.C. (1966), pero comparada con los niveles de lisina de las dietas programadas era inferior.

Se emplearon 348 gallinas de una línea comercial Leghorn blanca de 5 meses 20 días de edad, las cuales se distribuyeron en 12 grupos de 29 aves cada uno. El diseño utilizado fue similar al del experimento anterior, con 3 repeticiones para cada tratamiento. El agua y alimento se ofrecieron también *ad libitum*. Cada 14 días, durante los 266 que duró el experimento, se tomaron los mismos datos que en el primer experimento.

Resultados y discusión

Los resultados promedios obtenidos en el primer experimento, durante 11 meses de experimentación, se presentan en el Cuadro 2. Los análisis estadísticos indicaron una diferencia significativa entre tratamientos ($P>0.05$) en cuanto a consumo de alimento y conversión alimenticia. En producción de huevo y peso del mismo no se encontró diferencia significativa. No obstante estos resultados, pudo observarse la tendencia de una mejor producción con la dieta más alta en energía. También se observa que a medida que aumenta el nivel de energía en la dieta, aumenta también el peso del huevo.

En la gráfica 1 se presenta la producción de huevo con las dietas del experimento 1. Se advierte que la producción con las dietas programadas fue mayor con respecto a la testigo, y también que hubo una producción más constante con la dieta de 300 Kcal. No se obser-

CUADRO 2

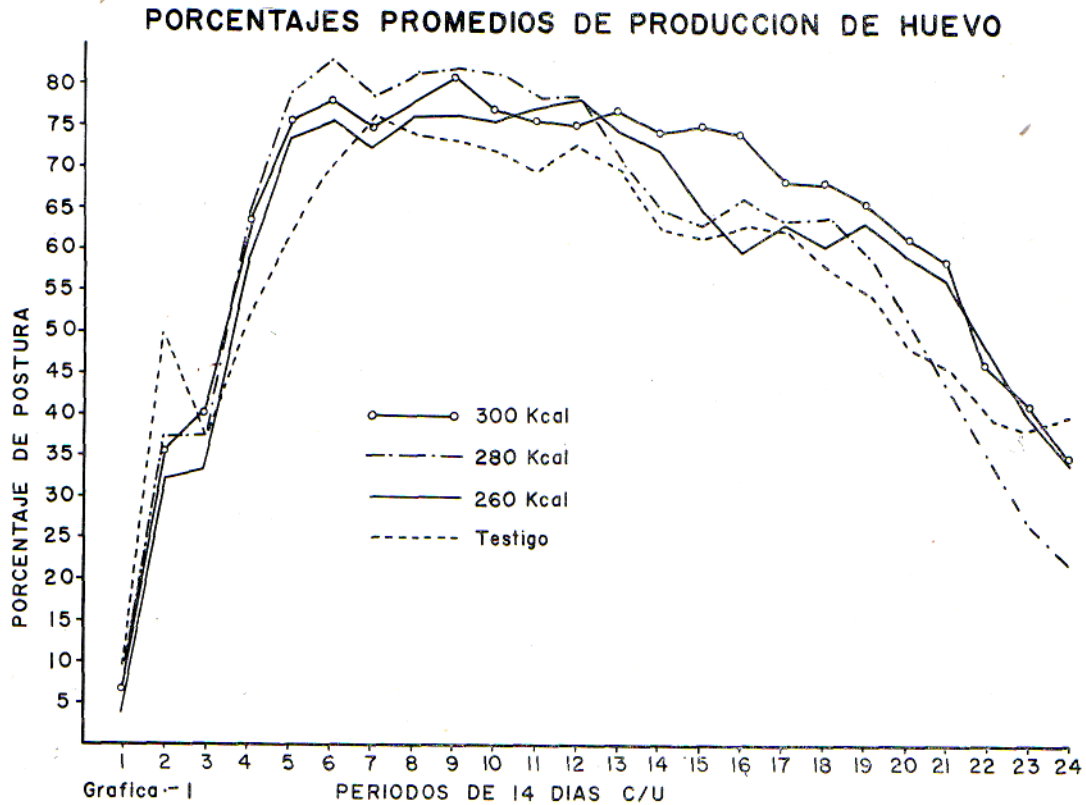
Promedios de producción y consumo de alimento obtenidos durante 336 días de experimentación. (Experimento I.)

Tratamientos	Porcentaje de postura	Peso medio del huevo g	Consumo de alimento Kg	Kilogramos de alimento necesarios para la formación de un kilogramo de huevo
Dietas :				
1. 300 Kcal	62.9	60.2	35.260 a ¹	2.75 a
2. 280 Kcal	59.2	59.1	35.789 a	3.04 ab
3. 260 Kcal	59.6	58.1	36.634 ab	3.12 b
4. Testigo	57.0	58.9	38.015 b	3,36 b

¹ Las cantidades con diferente letra son diferentes estadísticamente (P<0.05).

varon cambios en la coloración de la yema del huevo cuando éste fue almacenado durante 14, 28, 83 y 180 días, no obstante el alto contenido de harinolina en las dietas de 280 y 260 Kcal. Posiblemente esto sea debido al contenido de lisina de las raciones, en el caso

de que al combinarse parte de este aminoácido con el gosipol se haya inhibido el efecto de éste en la coloración de la yema (Conkerton y Frampton, 1959), no obstante que el contenido era de 0.1026% de gosipol libre en la harinolina empleada.



En algunos huevos se hizo la prueba rápida de amoniaco, según Schaible *et al.*, 1934, para anticipar el posible efecto del almacenaje en la coloración de la yema. Los resultados de la prueba fueron positivos en algunos casos, incluso en los huevos procedentes de dietas sin harinolina, lo que indicó que esta prueba no fue de utilidad, ya que al abrir huevos procedentes de los tratamientos que incluían harinolina, almacenados durante los períodos citados anteriormente, no se encontraron cambios en la coloración de la yema. Estos

resultados están de acuerdo con Heywang *et al.* (1961) y Heywang y Vavich (1965), quienes indican la ineficacia de la prueba rápida de amoniaco.

En el Cuadro 3 se presenta el estudio económico, donde se observa que conforme aumenta el contenido de energía en la ración, aumentan los ingresos brutos. Los mayores ingresos fueron para la dieta de 300 Kcal. También puede apreciarse que todas las dietas obtenidas por Programación Lineal fueron superiores a la testigo.

CUADRO 3

Valor de la producción, costo del alimento e ingresos. (Experimento 1.)

Tratamientos Dietas	Valor de la producción \$ ^a	Costo del alimento \$ ^b	Ingresos sobre costo de alimento \$	% relativo de ingresos sobre costo de alimento
1. 300 Kcal	89.85	37.14	52.71	135.6
2. 280 Kcal	82.40	32.25	50.15	130.3
3. 260 Kcal	82.20	32.66	49.54	126.4
4. Testigo	79.13	39.87	39.26	100.0

a Precio del huevo = \$7.00 Kg.

b Ver costo del alimento en el Cuadro de composición de las dietas (Cuadro 1).

Los resultados promedio obtenidos en el segundo experimento se presentan en el Cuadro 4, en donde se observa que no se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en pro-

ducción de huevo, ni en el promedio de peso del mismo, pero sí hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en consumo de alimento y conversión alimenticia entre tratamientos.

CUADRO 4

Promedios durante 266 días de experimentación. (Experimento 2.)

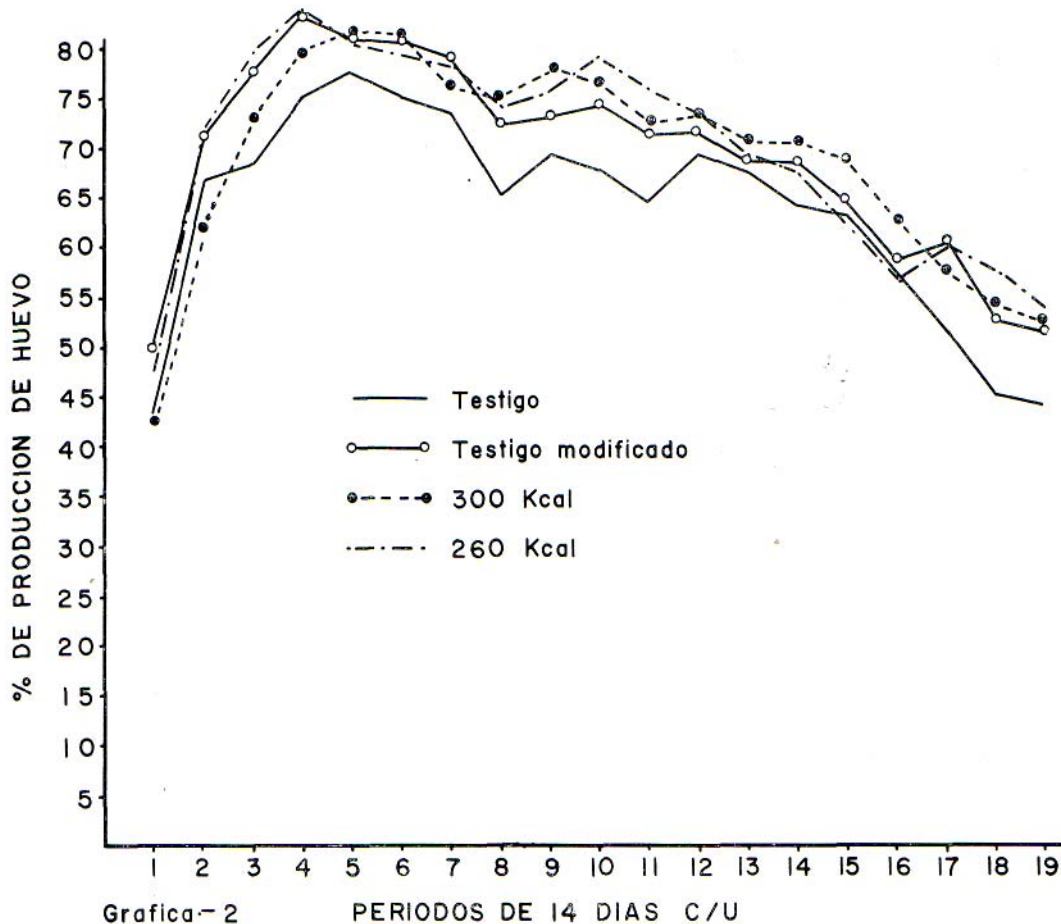
Tratamientos	Porcentaje de postura	Peso medio del huevo g.	Consumo de alimento Kg.	Kilogramos de alimento necesario para la formación de un kilogramo de huevo
1. Testigo	64.1	56.1	29.681 ac ¹	3.12 a
2. Testigo modificada	69.6	56.6	27.868 bc	2.67 bc
3. 300 Kcal	70.3	56.4	27.681 b	2.63 bc
4. 260 Kcal	69.3	56.0	29.801 a	2.89 ac

¹ Las cantidades con diferente letra son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

En la Gráfica 2 se presentan los porcentajes medios de producción de huevo a lo largo del

experimento, y se observa nuevamente que la dieta testigo fue inferior a través de todo

PORCENTAJES PROMEDIOS DE PRODUCCION DE HUEVO



el experimento, respecto a las dietas programadas y a la testigo modificada, que tenía un contenido mayor de lisina y proteína.

En este segundo experimento también se llevó a cabo un estudio económico, que se presenta en el Cuadro 5 y en el cual puede apreciarse que los ingresos brutos obtenidos usando las dietas programadas fueron similares entre sí, pero superiores en un 10% al caso de la dieta testigo. En este experimento la dieta testigo modificada fue superior a todas las demás, debido a su costo inferior por tonelada. En las dietas obtenidas por Programación Lineal el costo aumentó considerable-

mente dada la fluctuación en el precio de los ingredientes entre un año y otro.

Se calcularon los coeficientes de variabilidad y desviaciones normales de la producción de huevo en los 2 experimentos, resultados que se presentan en el Cuadro 6. En el primer experimento se obtuvo un menor coeficiente de variación con la dieta testigo, lo cual se explica por el pico de postura inferior que alcanzó, en comparación con las otras dietas, así como una menor producción de huevo en todo el experimento. En el segundo experimento la dieta con mayor variabilidad fue la testigo, siguiéndole la de 260, la testigo modi-

CUADRO 5

Valor de la producción, costo del alimento e ingresos. (Experimento 2.)

Tratamiento	Valoración de la producción \$ ^a	Costo del alimento \$ ^b	Ingresos sobre costo de alimento \$	% relativo de ingresos sobre costo de alimento
1. Testigo	66.65	32.53	34.12	100.0
2. Testigo modificada	73.06	30.73	42.31	124.2
3. 300 Kcal	73.54	35.96	37.58	111.2
4. 260 Kcal	72.18	34.05	38.13	114.4

a Precio de huevo = \$7.00 Kg

b Considerando la tonelada de alimento: dieta testigo, \$1,095.90; dieta testigo modificada, \$1,103.70; dieta con 300 Kcal., \$1,299.10 y dieta con 260 Kcal., \$1,142.60

ficada y la de 300. Puede apreciarse también que los coeficientes de variación y desviaciones normales fueron menores en el 2° experimento, debido en este caso a un menor tiempo de duración del experimento, ya que a medida

que las aves se acercan al final de su ciclo de producción, disminuyen su postura, lo que trae consigo un aumento en el valor del coeficiente de variabilidad y de la desviación normal.

CUADRO 6

Desviaciones normales y coeficientes de variación de la producción de huevo

Tratamiento	PRIMER EXPERIMENTO		SEGUNDO EXPERIMENTO	
	Desviación estándar	Coefficiente de variación %	Desviación estándar	Coefficiente de desviación %
300 Kcal	19.12	30.4	10.46	14.9
280 Kcal	22.10	37.3	—	—
260 Kcal	18.92	31.7	10.72	15.5
Testigo	15.92	27.9	10.58	16.6
Testigo modificada	—	—	10.13	14.6

Los resultados obtenidos en estos trabajos indican que no existe diferencia entre el Campo Experimental Santa Elena y el Campo El Horno respecto al nivel de energía que se utilice, pero existe cierta tendencia, en Santa Elena, a comportarse mejor el nivel de 300 Kcal.; en cambio, en El Horno los niveles de 260 y de 300 Kcal. son similares en comportamiento. Cuando en el segundo experimento se aumentó el contenido de proteína y de lisina en la dieta testigo, se obtuvieron resultados similares al de las dietas por Programación Lineal, lo cual indica que para una máxima producción de huevo es necesario elevar el contenido de lisina de la dieta arriba del nivel recomendado por el N.R.C. (1966) para

gallinas ponedoras como fue en este caso, en el cual se trató que la dieta testigo tuviera cuando menos el nivel de 0.77 recomendado por Aguilera (1966), que fue la cantidad mínima de este aminoácido que estipuló al formular las dietas por Programación Lineal.

Las diferencias significativas ($P > 0.05$) en consumo de alimento y conversión alimenticia en los dos experimentos están de acuerdo con Combs *et al.* (1961) y Heywang y Vavich (1962). quienes informan que a medida que se aumenta el nivel energético en la dieta se reduce el consumo de alimento y se mejora la conversión alimenticia.

Los datos referentes a los estudios económicos llevados a cabo en los dos experimentos concuerdan con Aguilera (*ibid*), quien afirma que el costo de una dieta no es correlativo con el probable rendimiento biológico que va a tener si dicha dieta no ha sido probada con anterioridad, como sucedió en el primer experimento, donde la dieta más cara resultó ser más provechosa, independientemente de su costo. También pudo apreciarse que es necesario programar periódicamente fórmulas alimenticias, debido a que el costo de los ingredientes varía frecuentemente; esto pudo observarse en el segundo experimento, en el cual el costo de las raciones programadas aumentó en forma considerable lo que trajo consigo una disminución en los ingresos.

Finalmente, el valor biológico de las raciones que se obtengan por Programación Lineal depende de la información dada a la computadora por el nutriólogo o el investigador. Lógicamente si la máquina recibe una información correcta, los resultados que se obtendrán serán mejores que cuando la máquina reciba una información incorrecta.

Literatura citada

- AGUILERA, A. A., 1966. Consideraciones indispensables para la formulación de raciones económicas destinadas a las gallinas y algunas experiencias obtenidas por programación lineal. *Trabajo presentado en el V Congreso Panamericano de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Caracas, Venezuela.
- AGUILERA, A. A. y J. A. PINO, 1965. Consideraciones para la preparación de raciones alimenticias para pollos y gallinas. *Boletín 3 del Centro Nacional de Investigaciones Pecuarias*. S.A.G., México.
- COMBS G. F., B. GATTIS y C. S. SHAFFNER, 1961. Studies with laying hens. Energy Restriction. *Poultry Sci.* 40: 220-224.
- CONKERTON, E. J. y V. L. FRAMPTON, 1959. Reaction of gossypol with free E-amino groups of lysine in proteins. *Arch. Biochem. Biophys.* 81: 130-134.
- COUCH J. R., 1966. Linear Programming. Proceedings of the 21st. *Annual Texas Nutrition Conference*. 123-130.
- HEYWANG B. W., y M. G. VAVICH, 1962. Energy level of a sixteen percent protein diet for layers in a Semiarid, Subtropical Climate. *Poultry Sci.* 41: 1389-1393.
- HEYWANG B. W. y M. G. VAVICH, 1965. Comparison of performance of layers fed soybean glandless or glanded cottonseed meals. *Poultry Sci.* 44: 1240-1244.
- HEYWANG B. W., M. G. VAVICH y A. R. KEMMEREH, 1961. The ammonia test for predicting if stored eggs from layers fed cottonseed meal will have discolored yolks. *Poultry Sci.* 40: 1130-1131.
- Nutrient Requirements of Poultry, 1966. Publication 1345. *National Academy of Sciences, National Research Council*. Washington, D. C.
- SCHAIBLE P. J., L. A. MOORE y J. M. MOORE, 1934. Gossypol, a cause of discoloration in egg yolks. *Science* 79: 372.

Summary

Two experiments were conducted in order to study the effect of different levels of energy on laying hens in "Santa Elena" and "El Horno", both in the State of México and found at 2,600 and 2,200 meters above sea level, respectively. At "Santa Elena" 260, 280 and 300 K cal/100 g of feed were compared. The experiment at "El Horno" compared levels of 260 and 300 K cal = and this was compared with the control diet of the first experiment and with another modified control diet that had a greater quantity of protein and lysine. In the first experiment after 336 days, no significant difference was found on egg production and egg weight ($P < 0.05$); there was a significant difference on feed consumption and feed efficiency ($P > 0.05$). As levels of energy were increased in the diet, there was a greater income return. In the second experiment results after 266 days showed no significant difference with respect to egg production and egg weight ($P < 0.05$); there was a significant difference on feed consumption and feed efficiency ($P > 0.05$).