

## EVALUACION DEL ALGA ESPIRULINA (*Spirulina geitleri*) COMO FUENTE DE PIGMENTO EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA

FILIBERTO SILERIO V.<sup>1</sup>  
CARMEN MENDOZA DE FLORES<sup>2</sup>  
ERNESTO AVILA G.<sup>3</sup>

### Resumen

Se realizaron dos experimentos con pollos de engorda con objeto de probar el alga espirulina como fuente de xantofilas. En el primer experimento se evaluó el poder pigmentante del alga espirulina, la harina de flor de cempasúchil, la harina de chile guajillo y la de una mezcla de carofil amarillo y carofil rojo (100 y 30 mg/kg de alimento). Los resultados obtenidos indicaron que la espirulina era la mejor fuente de xantofilas, siguiéndole en orden decreciente, harina de chile y cempasúchil y finalmente los carofiles. En el experimento 2 se determinó el tiempo mínimo de estabilización de pigmentos en la piel de pollos de engorda; los tratamientos usados fueron la suplementación de 5 niveles de xantofilas (0, 50, 100, 150 y 200 mg/kg de alimento) aportados por el alga espirulina, la que se adicionó a la dieta a expensas de la proteína de las pastas de soya y de ajonjolí. Los tiempos de estabilización de pigmentos en la piel en días para cada uno de los niveles de xantofilas estudiados fueron los siguientes: 22.3 días, 18.7 días, 19.2 días y 7.1 días, respectivamente.

### Introducción

En los últimos 10 años, la utilización de sustancias pigmentantes para la coloración de pollos de engorda ha cobrado mucha importancia. Esto es a causa de que el público consumidor tiene preferencia por pollos que tengan la piel y los tarsos amarillos y están dispuestos a pagar más por aquellos que reúnan estas características, desconociendo probablemente el hecho de que el valor nutritivo del pollo no se relaciona con la pigmentación.

Hay una diferencia en cuanto al precio de un pollo pigmentado y uno que no lo está, siendo el castigo que se tiene mayor o menor según sea el grado de palidez, pudiendo ser \$1.00 por kg o más; esto por lo tanto causa en ocasiones pérdidas económicas bastante fuertes a los productores de pollos de engorda.

Se ha encontrado recientemente que el alga espirulina, es una buena fuente de xantofilas, tanto para la pigmentación del pollo de

engorda (Gutton, 1970), como para pigmentar la yema de huevo (Avila y Cuca, 1974); además el alga espirulina (*Spirulina geitleri*) contiene un porcentaje de proteína elevado, y su composición de aminoácidos es aceptable, por lo que se le considera una fuente potencial alimenticia y pigmentante para el futuro.

Con estos antecedentes se consideró pertinente obtener mayor información de su valor pigmentante en raciones para pollos en engorda, y además compararla con algunas otras de las fuentes tradicionales de pigmento empleadas en México.

### Material y métodos

Se realizaron dos experimentos con pollos de engorda en el Campo Experimental "El Horno", en Chapingo, Méx.

*Experimento 1.* Este experimento tuvo como objetivo evaluar el poder pigmentante del alga espirulina en relación a: harina de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*), harina de chile guajillo (*Capsicum annum* Var. longum) y una mezcla de los preparados estabilizados carofil amarillo (éster etílico del ácido beta-apo-8'-carotenoico) y carofil rojo (cantaxantina) a razón de 100 y 30 mg/kg de alimento.

Se emplearon un total de 150 pollos de engorda Vantress-Cross sin sexar de 5 semanas

Recibido para su publicación el 4 de octubre de 1976.

<sup>1</sup> Tesis profesional que sustentó el pasante de Ing. Agr. Zoot. Filiberto Silerio Valenzuela para obtener el título de Ing. Agr. en la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.

<sup>3</sup> Departamento de Avicultura, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G. Palo Alto, México, D.F.

de edad que habían estado alimentados con una dieta baja en pigmentos (sorgo + soya) durante el período de iniciación. Las aves se distribuyeron al azar en 15 pisos de jaulas para aves en desarrollo con 10 pollos en cada grupo. Se empleó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones; agua y alimento fueron ofrecidos *ad libitum* durante 5-9 semanas de edad.

Los tratamientos empleados fueron la suplementación a la dieta base (Cuadro 1), de 130 mg de xantofilas por kg de alimento. Las fuentes de pigmento se adicionaron a la dieta base sobre el 100%. La dieta se formuló conforme a las necesidades señaladas por el N. R.C. (1971).

Las variables que se midieron fueron: ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Al finalizar el experimento se sacrificó un pollo por cada repetición, o sea tres animales por tratamiento, para determinar la acumulación de pigmentos en la piel, para lo cual se tomaron dos muestras de piel debajo de ambas alas de cada

CUADRO 1

Composición de la dieta base baja en pigmento usada de la 5ª a la 9ª semana de edad. (Experimento 1)

Ingredientes	%
Sorgo (7.68%) <sup>a</sup>	61.726
Pasta de soya (47.12%)	25.000
Pasta de ajonjolí (44.12%)	8.500
Harina de hueso	2.992
Sal	0.400
Vitaminas y minerales <sup>b</sup>	0.125
DL-metionina	0.158
Aceite de cártamo	1.000
Piedra caliza	0.099
<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Análisis calculado	
Proteína	20.35
Lisina	1.02
Met + cis	0.75
Calcio total	1.33
Fósforo total	0.74
Energía metabolizable (Kcal/kg)	2,950

<sup>a</sup> La cifra en paréntesis, después del nombre del ingrediente, indica el % de proteína del mismo.

<sup>b</sup> Cuca y Avila (1972).

pollo sacrificado a razón de 12 cm<sup>2</sup> por cada lado que sumaron un total de 24 cm<sup>2</sup>.

La extracción de carotenoides se hizo siguiendo el método descrito por Wilgus (1954) modificado por Day y Williams (1958). Se colocaron las muestras de piel en 6 ml de acetona y se conservó en lugar oscuro por 24 horas. Se filtró la solución en papel Whatman N° 4 y el volumen obtenido del filtrado se aforó a 10 ml. Por medio de un espectrofotómetro Beckman mod. D.U. se determinó la densidad óptica (D.O.) a 455 milimicras. Las lecturas de D.O. se compararon contra una curva estándar para determinación de beta-caroteno establecida por el A.O.A.C. (1960).

*Experimento 2.* Este experimento tuvo como objetivo determinar el tiempo mínimo de estabilización de pigmentos en la piel cuando se proporcionaron cinco niveles de xantofilas aportados por el alga espirulina.

Se emplearon un total de 150 pollos de engorda sin sexar de 6 semanas de edad que habían sido alimentados previamente con una dieta baja en pigmentos (sorgo + soya).

Los pollos se distribuyeron al azar en 5 tratamientos con 3 repeticiones de 10 pollos cada uno.

Los tratamientos empleados fueron la suplementación de 5 niveles de xantofilas (0, 50, 100, 150 y 200 mg/kg de alimento), aportados por el alga espirulina. La adición del alga en las dietas fue a expensas de la proteína de las pastas de soya y del ajonjolí. La composición de las dietas experimentales se presenta en el Cuadro 2. Estas dietas se suministraron de la 6-9 semana y se formularon conforme a las necesidades señaladas por el N.R.C. (1971). Todas las dietas fueron isoproteicas y con un contenido de energía similar. Durante los 20 días de duración del experimento se determinaron cada 4 días los datos señalados en el experimento 1 incluyendo la determinación de pigmentos en la piel. En el último período se sacrificaron tres pollos por unidad experimental.

## Resultados y discusión

### Experimento 1

Los resultados promedio de la 5-9 semana de edad se muestran en el Cuadro 3. No se

CUADRO 2

Composición de las dietas usadas del período de la 6ª a la 9ª semana de edad (Experimento 2)

Ingredientes	Dietas en %				
	1	2	3	4	5
Sorgo (7.71%) <sup>a</sup>	60.098	60.098	60.098	60.098	60.098
Pasta de soya (44.40%)	26.726	25.726	24.726	23.726	22.726
Pasta de ajonjolí (45.12%)	8.500	7.500	6.500	5.500	4.500
Alga espirulina (44.6%)	...	2.000	4.000	6.000	8.000
Harina de hueso	2.992	2.967	2.990	2.991	2.990
Sal	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Vitaminas y minerales <sup>b</sup>	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
DL-metionina	0.159	0.184	0.161	0.160	0.161
Aceite de cártamo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Análisis calculado					
Proteína	20.33	20.33	20.32	20.32	20.32
Lisina	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01
Met + cis	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Calcio total	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26
Fósforo total	0.76	0.77	0.77	0.76	0.76
Energía metabolizable (Kcal/kg)	2,945	2,959	2,924	2,988	3,001

<sup>a</sup> La cifra en paréntesis después del nombre del ingrediente, indica el % de proteína del mismo.  
<sup>b</sup> Cuca y Ovila (1972).

CUADRO 3

Datos promedio de la 5ª a la 9ª semana de edad y acumulación de pigmento (Experimento 1)

Tratamiento	Ganancia de peso (g) <sup>a</sup>	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia	Valor espectrofotométrico <sup>b</sup>
1 Testigo	696 c	2 223 c	3.20 c	22.0 f
2 Cempasúchil	680 c	2 213 c	3.24 c	110.0 d
3 Espirulina	663 c	2 216 c	3.47 c	170.0 c
4 Carofiles	666 c	2 200 c	3.27 c	50.5 e
5 Chile guajillo	706 c	2 283 c	3.24 c	100.0 d

<sup>a</sup> Peso promedio inicial por pollo 620 g.

<sup>b</sup> Expresados en microgramos de beta-caroteno por 100 cm<sup>2</sup> de piel.

<sup>c, d, e y f</sup> Las letras diferentes en los valores indican diferencias significativas (P < 0.05).

Las desviaciones estándar para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y valor espectrofotométrico: 96.58, 141.6, 0.46 y 0.20, respectivamente.

encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) en los parámetros prácticos.

En lo que se refiere a la deposición de pigmentos, se encontró que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. Se puede observar en el Cuadro 3 que la espirulina resultó ser mejor ( $P < 0.05$ ) a las otras, seguida por la harina de chile y cempasúchil, quedando en tercer lugar la mezcla de los carotenoides sintéticos y al final el tratamiento testigo sin adición de pigmento.

Se podría decir que los resultados obtenidos se debieron al tipo de carotenoides que proporcionó cada uno de los materiales utilizados, ya que se sabe que la capacidad de éstos para depositarse o ser absorbidos es diferente; Quackenbush *et al.* (1965) encontraron que la luteína y la zeaxantina son biológicamente más potentes que otras xantofilas. Goodwing (1954) menciona la luteína como el principal carotenoide presente en el cempasúchil. Scott, Nesheim y Young (1969) señalan que los carotenoides sintéticos (carofil rojo y amarillo) producen una buena pigmentación cuando la dieta contiene xantofilas naturales; esto último explica la menor pigmentación obtenida con estos carotenoides. Por otro lado los datos de este estudio coinciden con los de Avila y Cuca (1974) quienes encontraron en gallinas ponedoras que el alga espirulina produce mayor pigmentación que la harina de cempasúchil a pesar de que esta última es una fuente más concentrada de xantofilas.

#### Experimento 2

Los datos promedio se pueden apreciar en el Cuadro 4. No se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Estos datos coinciden con lo informado por Bezares, Rossainz y Avila (1975) quienes indican que niveles bajos de espirulina no producen efecto detrimental sobre la ganancia de peso o la conversión alimenticia.

Los datos promedio de acumulación de pigmentos por períodos se encuentran resumidos en el Cuadro 5. Se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, períodos y en la interacción períodos por tratamientos. Se puede observar (Cuadro 5) que en los tres primeros períodos los niveles de 150 y 200 mg de xantofilas/kg de alimento de la dieta resultaron significativamente mayores que los tratamientos restantes. Sin embargo, el comportamiento del nivel más alto fue significativamente mayor que el de 150 mg de xantofilas/kg. También se puede apreciar que a partir del 4º período los tratamientos con 100, 150 y 200 mg de xantofilas/kg, resultaron estadísticamente iguales y diferentes al tratamiento que contenía 50 mg de xantofilas/kg de alimento. El tratamiento testigo (dieta sin pigmento) siempre fue inferior ( $P < 0.05$ ) a todos los tratamientos experimentales.

CUADRO 4

Datos promedio de la 6ª a la 9ª semana de edad  
(Experimento 2)

Xantofilas mg/kg	Ganancia de peso (g) <sup>a</sup>	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia
0	642 b	1,660 b	2.42 b
50	633 b	1,669 b	2.74 b
100	636 b	1,740 b	2.73 b
150	615 b	1,677 b	2.76 b
200	635 b	1,684 b	2.67 b

<sup>a</sup> Peso promedio inicial por pollo 670 g.

<sup>b</sup> Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Las desviaciones estándar para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia fueron: 73.06, 105.55 y 0.41, respectivamente.

CUADRO 5

Datos promedio de acumulación de pigmentos para cada tratamiento <sup>a</sup>  
(Experimento 2)

Períodos <sup>b</sup>	Niveles de xantofilas (mg/kg de alimento)				
	0	50	100	150	200
1	22.0 <sup>f</sup>	51.3 <sup>e</sup>	62.6 <sup>e</sup>	117.3 <sup>d</sup>	117.6 <sup>d</sup>
2	22.0 <sup>f</sup>	44.6 <sup>e</sup>	56.0 <sup>e</sup>	125.3 <sup>d</sup>	165.0 <sup>c</sup>
3	22.0 <sup>f</sup>	54.6 <sup>e</sup>	75.3 <sup>e</sup>	132.0 <sup>d</sup>	159.0 <sup>e</sup>
4	23.3 <sup>f</sup>	103.6 <sup>d</sup>	150.0 <sup>c</sup>	155.6 <sup>c</sup>	159.0 <sup>c</sup>
5	29.0 <sup>f</sup>	111.0 <sup>d</sup>	161.0 <sup>c</sup>	161.3 <sup>c</sup>	162.0 <sup>c</sup>
Promedio	23.6 <sup>f</sup>	73.0 <sup>e</sup>	100.9 <sup>d</sup>	138.3 <sup>c</sup>	154.5 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Datos de acumulación de pigmentos expresados en microgramos de beta-caroteno/100 cm<sup>2</sup> de piel.

<sup>b</sup> Cada período experimental fue de 4 días.

<sup>c, d, e, f</sup> Valores con letra diferente indican diferencia estadística al 0.05% de probabilidad. La desviación estándar fue de 0.173.

Los resultados anteriores indican que los diferentes tratamientos tuvieron un comportamiento distinto a lo largo del experimento; esto se puede apreciar en la Gráfica 1. A medida que el nivel de xantofilas fue mayor, la deposición del pigmento en la piel fue más rápida y en una cantidad mayor. Esto concuerda con lo encontrado por Brambila, Pino

y Mendoza (1963), Fritz, Wharton y Classen (1957) entre otros que han observado que a mayor cantidad de pigmento la deposición es más rápida.

Con objeto de encontrar el tiempo mínimo en días para alcanzar la estabilización de pigmento en la piel, se hizo una comparación de períodos para cada tratamiento por medio de contrastes ortogonales, para lo cual se compararon los valores totales de cada período con el valor total de los restantes períodos (Cuadro 6). La comparación se hizo así hasta que ya no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los valores totales de los períodos.

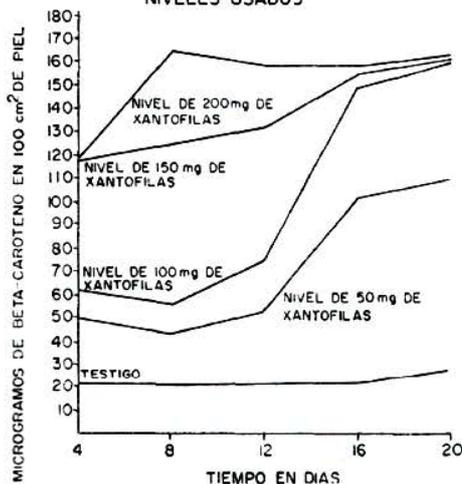
Para el nivel de 0 mg de xantofilas por kg de alimento (testigo), no se encontraron diferencias significativas entre períodos, lo cual se debe a que este tratamiento testigo llevaba un contenido mínimo de xantofilas.

Con niveles de 50, 100 y 150 mg de xantofilas por kg de alimento (Cuadro 6), a partir del 4<sup>o</sup> período o sea 16 días de experimentación ya no se tenían diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Con el nivel de mayor contenido de pigmento (200 mg de xantofilas por kg de alimento) ya no se tuvieron diferencias a partir del 2<sup>o</sup> período (8 días).

En base a esta información se calculó la

GRAFICA 1  
COMPORTAMIENTO OBSERVADO EN LA ACUMULACION DE XANTOFILAS PARA CADA UNO DE LOS NIVELES USADOS



CUADRO 6

Comparación de períodos para cada tratamiento por contrastes ortogonales  
(Datos de valores promedio)  
(Experimento 2)

Comparación	mg de xantofilas/kg de alimento adicionados a la dieta			
	50	100	150	200
1 Vs 2,3,4,5	51 Vs 78.0	62 Vs 110.5	117 Vs 143.2	127 Vs 162.0
2 Vs 3,4,5	44 Vs 89.3	56 Vs 128.6	125 Vs 152.6	165 Vs 160.0
3 Vs 4,5	54 Vs 107.0	75 Vs 155.5	132 Vs 105.3	159 Vs 160.5
4 Vs 5	103 Vs 111	150 Vs 161	155 Vs 161	159 Vs 162.0

ecuación de regresión para cada tratamiento y se determinó el tiempo mínimo necesario en que se estabilizó la pigmentación en la piel. Las ecuaciones de regresión para cada uno de los niveles de xantofilas encontradas fueron las siguientes:

de xantofilas = 19.2 días, 200 mg de xantofilas = 7.1 días.

Para el caso del nivel de 50 mg de xantofilas se extrapolaron puntos con objeto de determinar el punto de estabilización de pigmentos, lo cual aunque no es totalmente exacto

Nivel de xantofila (mg/kg)	1ª recta (ascendente)	2ª recta (interceptora)
50	$Y = 21.83 + 4.175 X$	$50 Y = 74.93 + 1.8 X$
100	$Y = 4.28 + 8.18 X$	$100 Y = 107.54 + 2.6 X$
150	$Y = 102.58 + 3.04 X$	$150 Y = 133.3 + 1.4 X$
200	$Y = 90.5 + 9.3 X$	$200 Y = 158.63 + 0.2 X$

X = mg de xantofilas/kg de alimento.

Estas rectas se calcularon tomando en cuenta la información del análisis de varianza de los contrastes ortogonales. La recta 1 en los niveles 50, 100, 150 mg de xantofilas se determinó con los valores correspondientes del 1º al 4º período y para el nivel de 200 mg de xantofilas se tomaron los valores del 1º al 2º período. La recta 2 (interceptora) para los niveles de 50, 100 y 150 mg de xantofilas se determinó con los valores obtenidos del 4º al 5º período y para el nivel de 200 mg de carotenoides fue con los valores del 2º al 5º período de experimentación. Resolviendo el sistema de ecuaciones simultáneas formado por la primera y segunda ecuación encontrada para cada tratamiento, se encontraron los valores de X e Y, para determinar el punto de intersección de las 2 rectas. Los valores (días) encontrados para cada tratamiento fueron los siguientes: 50 mg de xantofilas = 22.3 días, 100 mg de xantofilas = 18.7 días, 150 mg

sí da un valor aproximado. Por lo que se refiere al tiempo máximo de estabilización de pigmentos en la piel con el nivel de 100 mg/kg, éste resulta menor al requerido con el nivel de 150 mg/kg; no se tiene explicación a este respecto y probablemente sea necesario utilizar un mayor número de muestras en laboratorio para comprobar estos datos. No se encontró diferencia en la pigmentación final obtenida entre los niveles de 100, 150 y 200 mg de xantofilas/kg de alimento.

Los resultados encontrados concuerdan con lo indicado por Herrich, Fry y Harms (1971) quienes proporcionando 40 g de ácido etyl éster Beta-apo 8 carotenoico/ton de alimento en dietas de pollos de engorda suministrada cada 5 días durante 20 días antes del sacrificio o sea (0, 5, 10, 15 y 20 días) y suspendiéndola los días 5, 10, 15 y 20 antes del sacrificio, encontraron que la máxima pigmentación en la piel se alcanza a los 15 días.

Asimismo, estos datos concuerdan con los de varios investigadores ya mencionados que señalan que la coloración en pollos de engorda depende del nivel de xantofilas suministrado; igualmente, Hall *et al.* (1966) y Mendoza (1971) señalan que al aumentar el nivel de carotenoides se incrementa la acumulación de pigmentos en la yema de huevo.

En este experimento se observó que a medida que el nivel de xantofilas fue más elevado se logró el punto de estabilización en un tiempo más corto. Por otra parte, los resultados en este estudio son de importancia práctica; se puede pensar en el uso de una dosis alta de xantofilas en casos de emergencia, en que se tengan parvadas que por alguna razón al momento de aproximarse la venta de los pollos al mercado se encuentran con baja pigmentación.

Se pueden inferir, de acuerdo a los resultados de estos experimentos, las siguientes conclusiones:

1. El alga espirulina es una buena fuente de xantofilas y es biológicamente más potente que la flor de cempasúchil y el chile guajillo.

2. Se tiene la ventaja con la espirulina al emplearla como fuente de proteína que proporciona también xantofilas de alto valor biológico.

3. A medida que aumenta el nivel de xantofilas en la dieta, el punto de estabilización de pigmentos se logra más rápidamente.

4. Es posible utilizar niveles altos de xantofilas para casos de emergencia en que se tengan parvadas con baja pigmentación, ya próximas a salir al mercado.

#### Agradecimientos

Se agradece al Ing. Claudio Santillán, de Sosa Texcoco, S.A., el haber proporcionado la espirulina empleada en este trabajo y a la Dra. Ma. Isabel Silveira de Jasa por su ayuda en el trabajo estadístico.

#### Summary

Two experiments were conducted with finishing broiler chicks, to evaluate spiruline algae as a source of xanthophylls. In experiment 1, the pigmentation efficiencies of spiruline algae, marigold meal (*Tagetes erecta*), dried chili pepper "guajillo" meal and a mixture of yellow and red carophylls (100 and 30 mg/kg of feed) were evaluated. Results obtained indicated that spiruline was the best source of xanthophylls, followed by dried chili pepper and marigold meal and finally the carophylls. In experiment 2, five levels of xanthophylls (0, 50, 100, 150 and 200 mg/kg of feed) from spiruline algae were used to study the minimum time for pigments stabilization in poultry skin. The times in days found were: 22.3, 18.7, 19.2 and 7.1, respectively.

#### Literatura citada

- A.O.A.C., 1960, Association of Official Agricultural Chemists, *Official Methods of Analysis*. 10th Ed., Washington, D.C.
- AVILA, G.E., y M. CUCA G., 1974, Efecto de la alga *Spirulina geitleri* sobre la pigmentación de la yema de huevo, *Téc Pec. Méx.* 26:47-48.
- BEZARES, S.A.; MA. ANTONIETA ROSSAINZ H., y E. AVILA G., 1975, Valor nutritivo del alga *Spirulina geitleri* en dietas para pollos de engorda, *Resúmenes XII Reunión Anual. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías*, S.A.G. p. 5.
- BRAMBILA, S.; J.A. PINO and CARMEN MENDOZA, 1963, Studies with natural source of xanthophylls for the pigmentation of egg yolks and skin of poultry, *Poult. Sci.*, 42:294-300.
- CUCA, G.M., y E. AVILA, 1972, La alimentación de las aves de corral, *Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías*, S.A.G. Boletín 9:9-10.
- DAY, E.J., and W.P. WILLIAMS JR., 1958, Study of certain factors that influence pigmentation in broilers, *Poult. Sci.*, 37:1373-1381.
- FRTZ, J.C.; F.D. WHARTON JR., and L.J. CLASSEN, 1957, The influence of feed on broilers pigmentation, *Poult. Sci.*, 38:1118.
- GODWING, T.W., 1954, Carotenoids, their comparative biochemistry, *Chemical Publishing Co.*, New York.
- GUTTON, M., 1970, Etude sur poulet jaune des algues spirulines de I.F.P., *Union des Fabricants des Aliments Composés*, Vigny, France.
- HALL, G.M.; A.L. LIVINGSTON; R.E. KNOWLES and J.W. NELSON, 1966, A comparison of the pigmentation value of alfalfa meals, differing in protein and xanthophyll content, *Poult. Sci.*, 45:639-641.

- HERRICH, G.M.; J.L. FRY and R.H. HARMS, 1971, Repletion and depletion of pigmentation in broilers skin and shanks, *Poult. Sci.*, 50:1467-1475.
- MENDOZA DE F. CARMEN, 1971, Efecto de *Tagetes erecta* sobre la pigmentación de la yema de huevo, Tercer Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura. *Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias*, S.A.G. pp. 27-44.
- N.R.C., 1971, Nutrient Requirements of Domestic Animals, I. Nutrient requirements of poultry, National Academy of Sciences, *National Research Council*, Washington, D.C.
- QUACKENBUSCH, F.W.; S. KVAKOVSKY; T. HOOVER and J.C. ROGLER, 1965, Deposition of individual carotenoids in avian skin, *J. Assoc. of Off. Agric. Chem.*, 48:1241-1244.
- SCOTT, M.L.; M.C. NESHELM y R.J. YOUNG, 1969, Nutrition of the chicken, *M.L. Scott & Ass.*, Ithaca, New York.
- WILCUS, H.S., 1954, Effect of DPPD on utilization of different sources of carotenoid pigment. Exp. B 854 Xan., *Peter Hand Foundation*, Chicago 22, Illinois.