

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA

EFEECTO DE LOS CAROTENOIDES SOBRE LA
PIGMENTACION DE LA YEMA DEL HUEVO
Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS AVES

TESIS

PEDRO ANTONIO ROMERO SANDOVAL

MANAGUA NICARAGUA

1966

EFEECTO DE LOS CAROTENOIDES SOBRE LA
PIGMENTACION DE LA YEMA DEL HUEVO
Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS AVES

POR

PEDRO ANTONIO ROMERO SANDOVAL

TESIS

Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito
parcial para obtener el Título de

INGENIERO AGRONOMO

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
MANAGUA, NICARAGUA, C.A.

1966

EFFECTO DE LOS CAROTENCIDES SOBRE LA
PIGMENTACION DE LA YEMA DEL HUEVO
Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS AVES

POR

PEDRO ANTONIO ROMERO SANDOVAL

TESIS

Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito
parcial para obtener el Título de

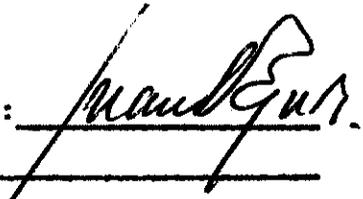
INGENIERO AGRONOMO

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
MANAGUA, NICARAGUA, C.A.

1966

APROBADA:

FECHA:



DEDICATORIA

A MIS PADRES:

JUAN ROMERO BONILLA

ROSA SANDOVAL DE ROMERO

A G R A D E C I M I E N T O

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento al Ing. Leonel Vaca y a su asesor técnico Dr. Juan L. Eguaras, por su valiosa cooperación en la realización de este trabajo.

Así mismo, al Departamento de Industria Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, por las facilidades suministradas, para llevar a cabo el presente ensayo.

C O N T E N I D O

	Página
LISTA DE CUADROS Y GRAFICAS.....	vi
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA	3
MATERIALES Y METODOS.....	30
RESULTADOS.....	33
DISCUSIONES.....	36
CONCLUSIONES.....	38
RESUMEN.....	39
BIBLIOGRAFIA.....	49

LISTA DE CUADROS Y GRAFICAS

CUADROS		Página
1.	Datos de postura obtenidos de los cuatro grupos de aves, durante el primer período de 21 días.	40
2.	Datos de postura obtenidos de los cuatro grupos de aves, durante el segundo período de 21 días.	41
3.	Coloraciones observadas en las yemas de los huevos (Según escala empírica) al añadir a la ración 3 y 6 onzas de achiote por quintal de alimento.	42
4.	Coloraciones observadas en las yemas de los huevos (Según escala empírica) al añadir a la ración 2 gramos de Carophyll 10 por quintal de alimento. Se presentan también las coloraciones obtenidas con el grupo testigo.	43
5.	Datos de postura modificados para realizar el análisis de varianza.	44
6.	Análisis de varianza.	45
7.	Comparaciones ortogonales.	46
GRAFICAS		
I.	Coloraciones observadas en las yemas de los huevos (Según escala empírica) durante el primer período de 21 días.	47
II.	Coloraciones observadas en las yemas de los huevos (Según escala empírica) durante el segundo período de 21 días.	48

I N T R O D U C C I O N

Una de las características del huevo, que se relaciona directamente con el grado de aceptación por parte del consumidor, es el color de la yema. Los consumidores prefieren, generalmente, huevos con yemas de un color amarillo intenso, rechazando en todo caso aquellos que presenten yemas pálidas o decoloridas.

Actualmente todavía puede observarse entre el público nicaragüense una preferencia acentuada por los huevos de "finca" ó de "hacienda" que son producidos por pequeños agricultores que crían sus aves libremente. Esto les permite obtener huevos con yemas de color amarillo intenso que gozan de gran demanda entre el público consumidor; igualmente se puede observar cierta indisposición contra los llamados huevos de "granja", o sea aquellos que provienen de explotaciones comerciales y que con frecuencia presentan yemas pálidas o decoloridas.

Cuando la Avicultura no tenía el tecnicismo actual, los huevos con yemas pálidas aparecían muy raramente en ciertas épocas del año. Esto se debía a que las aves no se encontraban en confinamiento y tenían acceso a los pastos verdes, al picoteo de la tierra e insectos, lo que daba como resultado la producción de huevos con yemas de color amarillo intenso durante la mayor parte del año.

En países con una Avicultura más desarrollada que la nuestra, se da mucha importancia al uso de carotenoides en las raciones alimenticias de las aves ponedoras y pollos de engorda, como una manera efectiva de proporcionar una coloración aceptable a las yemas de los huevos y la piel de los pollos (3).

Es por tanto indudable la importancia que tiene para el Avicultor moderno añadir a las raciones alimenticias de sus aves, carotenoides que proporcionen una coloración amarillo intenso a las yemas de los huevos y a la piel de los pollos asaderos.

El presente trabajo es un intento de determinar el efecto sobre el color de la yema y la producción de huevos, de 2 dosis de achiote (Bixa orellana L) y una dosis de Carophyll 10 (etil éster del ácido beta-apo-8-carotenoico) mezcladas con el alimento. El ensayo se realizó con 60 gallinas Leghorn de la Estación Experimental Agropecuaria "La Calera" (Managua) durante dos períodos de 21 días cada uno.

LITERATURA REVISADA

Ultimamente se ha concedido mucha importancia al uso de sustancias pigmentarias para aves de corral. Esto se debe principalmente a la demanda del público y no a requerimientos nutritivos. Hablando de la demanda del público y de los gustos y preferencias del consumidor, se puede afirmar que la coloración de la yema del huevo es un factor importante, que debe ser considerado, para satisfacer las preferencias del consumidor (3).

Se puede afirmar también, que la coloración amarillo intenso en la yema tiene como consecuencia un mejor mercado y quizá un mejor precio para el producto (3).

A pesar de que el color de la yema no significa necesariamente mayor valor alimenticio, existe una marcada preferencia de los consumidores por las yemas intensamente coloreadas. Estas yemas son más familiares a las amas de casa, ya que una parte considerable de la producción huevera proviene de pequeñas explotaciones (1).

En la actualidad, los huevos con yemas pálidas aparecen con mucha mayor frecuencia sobre todo en las grandes explotaciones debido a las siguientes causas:

- a) Los métodos modernos de alojamiento, con las aves alejadas de los pastos verdes, del picoteo de la tierra y en estricto confinamiento.
- b) Producción de alimentos para aves con alto contenido energético y baja proporción de ingredientes con alto contenido de fibra.

- c) La falta de estabilidad de los pigmentos carotenoides que son fácilmente destruidos por la oxidación (3).

Naturaleza y composición de la yema del huevo:

Se considera la yema compuesta en su mayor parte de una emulsión de gotitas de grasa muy pequeñas en una solución de proteínas, estando más de la mitad de los fosfolípidos de la yema combinados con proteínas (5).

Debido a la gran cantidad de grasa que existe en la yema, se encuentran en ellas los pigmentos del huevo y las vitaminas liposolubles. Se han encontrado además en la yema pigmentos amarillos que incluyen luteol, zeaxantol, y criptoxantol con vestigios de caroteno, variando su cantidad entre límites muy amplios que dependen de la dieta (5).

Frecuentemente se asocia el color intenso de la yema a un alto contenido de vitamina A y de otras vitaminas; sin embargo, el color de la yema no es un indicio infalible de su contenido vitamínico, ya que muy poca de la actividad de vitamina A de la yema se presenta en forma de caroteno (5).

Además de los componentes normales del huevo hay otras sustancias que pueden depositarse en él por vía de alimento, como por Ej. colores solubles en grasas, selenio, gosipol, etc. (5).

Contenido promedio de vitaminas y carotenoides de la yema de huevo:

Vitamina A.....	1100-4500 U.I.
Tiamina.....	50- 300 U.I.
Riboflavina.....	250- 480
Acido Pantoténico.....	600-1200
Acido Nicotínico.....	4000-6000
Piridoxina.....	2500 Unidades
Biotina.....	50 "
Colina.....	1700 mg.
Luteol.....	7.3 mg.
Zeaxantol.....	3.1 mg. (5)

Origen de la materia colorante de la yema:

Parece ser que la materia colorante de la yema del huevo y del cuerpo del ave, tiene su origen únicamente en los alimentos consumidos (7).

Estudios llevados a cabo han demostrado que una gran parte de la materia colorante de la yema está formada por xantofilas; nombre que se usa para designar los carotenoides de fórmula general - - $C_{40}H_{56}O_2$ (7).

Aves criadas con raciones casi desprovistas de carotenoides producen descendencia normal en todos los aspectos, con la única diferencia de que las yemas de los huevos producidos por estas aves carecen del color amarillo, característico de aves alimentadas con dietas ricas en carotenoides (7).

Finalmente se puede afirmar que el efecto de los alimentos sobre el color de la yema, depende de la cantidad de materia colorante que contengan los alimentos, sin embargo Bohren, Thompson y Carrick demostraron que la yema puede recibir de otras partes del organismo, cantidades pequeñísimas pero constantes de materia colorante, estas partes parecen ser principalmente los tejidos del cuerpo (7).

Efecto de los alimentos sobre el color de las yemas:

Los alimentos verdes debido a su riqueza en xantofilas producen yemas muy amarillas, el maíz rojo y la semilla del cáñamo originan yemas de un amarillo no muy intenso, igualmente mediante la administración de pimientos maduros y secos se ha logrado obtener yemas de color anaranjado. En Hungría se han obtenido yemas de un color muy intenso usando el pimentón (Paprika); esta intensidad aumentó 4 veces a las tres semanas de estar siendo administrado el pimentón. Se ha comprobado también que grandes cantidades de materia colorante de la yema se encuentran en casi todas las flores de pétalos amarillos.

Experimentos llevados a cabo en EE. UU. alimentando lotes de aves con diversas cantidades de alimentos proveedores de pigmento, dieron como resultado la obtención de yemas de color muy intenso en los lotes alimentados con concentrados provistos de mayor cantidad de pigmentos: los cambios de color aparecieron después del 4o. y 5o. día, y a los 13 días más o menos se alcanzó la coloración máxima (7).

Una mezcla alimenticia que contenía 10% de caparazón de langosta, produjo yemas de color rojo anaranjado intenso que fué atribuido a la astacina tetra-oxi-carotenoide del caparazón de las langostas. El colorante llamado Sudán III produjo al ser administrado yemas de color rojo brillante y Denton probó que los colorantes solubles en alcohol se depositaban en la yema, dándole color verde claro, verde, rosa, azul y rojo, mientras que los colorantes solubles en agua no se depositaban en ninguna parte del huevo (7).

Contrariamente a la creencia general, el valor alimenticio del huevo, particularmente en vitamina A, no depende necesariamente del color de la yema. Estudios llevados a cabo en Beltsville, Maryland U.S.A., citados por Ewing, demostraron que huevos de yemas pálidas, procedentes de gallinas sometidas a una dieta practicamente destituida de pigmento, pero suplementada con 1% de aceite de hígado de bacalao, pueden ser más ricos en vitamina A que los de yema coloreada. La riqueza de la yema en vitamina A depende, en gran manera, de la cantidad de esta vitamina existente en la ración, ya sea en forma de vitamina A propiamente dicha o de caroteno (1)

Formación de las capas de la yema:

Conrad y Warren han formulado la hipótesis de que las capas amarillas de la yema representan la porción que se forma cuando se están asimilando los alimentos que contienen dichos pigmentos y que las capas de yema pálida se forman cuando el organismo no dispone de dichos pigmentos. Conrad y Warren concluyeron que las franjas pálidas de la yema se pueden deber a la síntesis de la grasa que proviene de los hidrocarbonados y proteínas carentes de pigmento amari-

Factores de que depende la coloración de la yema:

Las gallinas sólo pueden utilizar los pigmentos que se les suministran en la dieta, ya que parece ser, que no producen en su cuerpo las materias colorantes necesarias (3).

La intensidad de coloración que aparece en las yemas depende de los siguientes factores:

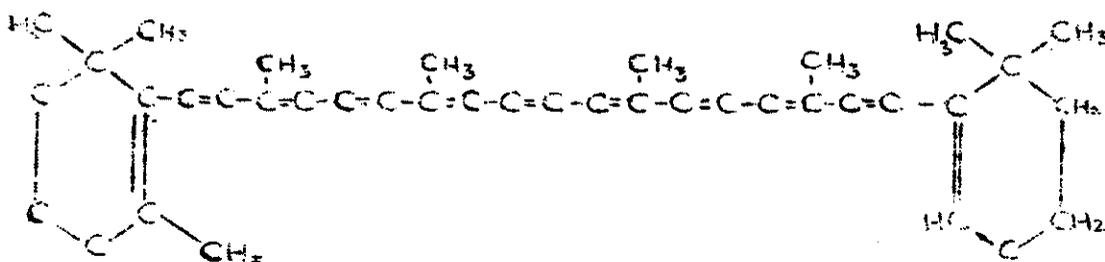
- 1) Concentración de pigmentos en la dieta.
- 2) Composición de la dieta.
- 3) Estado de salud de las aves.
- 4) Nivel de producción de huevos (3).

NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS CAROTENOIDES:

Los carotenoides son pigmentos polienos con colores que van desde el amarillo al rojo púrpura, carecen de nitrógeno y tienen un sistema cromofórico de enlaces dobles conjugados en una cadena de átomos de carbono alifática muy ramificada. Los hidrocarburos carotenoides se conocen con el nombre de carotenos (5).

Algunos carotenoides naturales son derivados oxigenados de caroteno y pueden ser: alcoholes, cetonas, alcohol-cetona, éteres, aldehídos, ésteres de alcoholes carotenoides, ácidos ó ésteres de ácidos carotenoides (5).

Fórmula estructural del beta-caroteno:



Propiedades físicas:

Los carotenoides son fáciles de identificar por sus propiedades físicas y sus características de absorción. La mayoría de ellos cristalizan bajo la forma de cristales rojos y amarillos en ciertas mezclas de disolventes (5).

Propiedades químicas:

La oxidación es una de las reacciones más frecuentes en los carotenoides, debido principalmente a lo insaturado de su molécula. Esta oxidación, principalmente por el oxígeno del aire, dificulta mucho su preparación y conservación (5).

Los halógenos se adicionan fácilmente a los dobles enlaces de los carotenoides, esta saturación de los enlaces dobles produce desplazamiento en las bandas de absorción hacia el violeta y reduce eventualmente el pigmento a un compuesto incoloro. Se hidrolizan por acción de los álcalis y son muy sensibles a la acción de los ácidos. Se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza, principalmente en el Reino Vegetal: frecuentemente se les encuentra en el cuerpo de los animales, provenientes de vegetales consumidos por éstos (5).

En los vegetales no se encuentra generalmente un solo carotenoide, sino más bien una mezcla de ellos en cantidades variables (5).

Parece ser un hecho comprobado por la experiencia, que los carotenoides que poseen por lo menos en un extremo de su molécula la estructura del anillo ciclohexenil del beta-caroteno, están dotados

de potencia vitamínica A para animales superiores (5).

NATURALEZA Y PROPIEDADES DEL CAROPHYLL 10 (Etil-éster del ácido beta-apo-8-carotenoico)

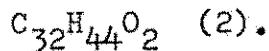
El Carophyll 10 es un carotenoide obtenido por síntesis a partir del Beta-apo-8-carotenal C_{30} . Actualmente es fabricado por la Casa Roche y es de uso específico para ser empleado en la pigmentación de la yema de huevo (2).

Se presenta bajo la forma de diminutos gránulos rojizos y esféricos, con un diámetro aproximado, comprendido entre 0.12 - 0.40 mm. Posee aproximadamente un peso específico de 0.7 (2).

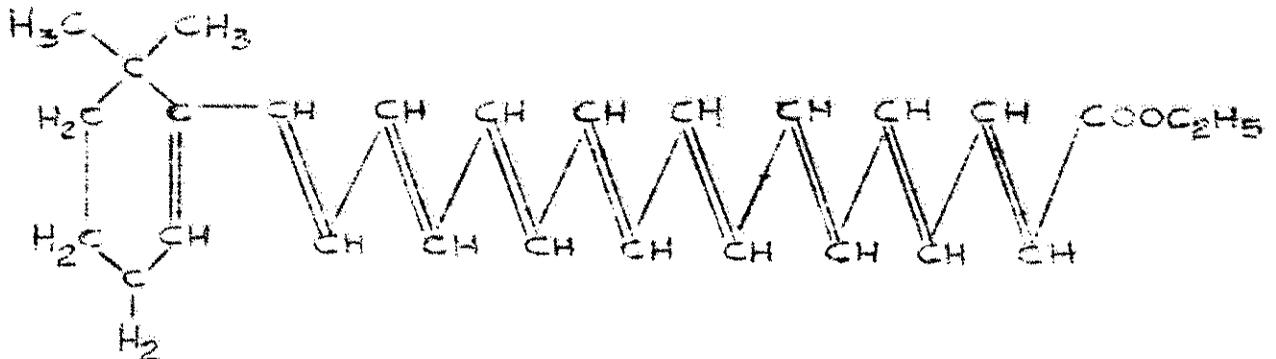
Nombre químico:

Etil éster del ácido beta-apo-8-carotenoido C_{30} (2).

Fórmula empírica:



Fórmula estructural:



Actividad biológica:

Posee aproximadamente un 25% de la actividad de provitamina A del Beta-caroteno, ésto fué determinado por el ensayo standard de crecimiento de ratas. Por lo tanto un gramo de etil-éster del ácido Beta-apo-8-carotenoico (C₃₀) equivale aproximadamente a 420.000 U.I. de vitamina A (2).

Metabolismo y acumulación:

Una parte del Carophyll 10 ingerido por el ave se convierte en vitamina A, mientras que el resto queda disponible para la pigmentación de la yema de huevo. La acción del carotenoide en la yema se manifiesta al cabo de unas dos semanas de haber sido agregado a la ración (2).

Se considera que la capacidad individual para absorber y depositar el carotenoide presenta una variación considerable en un lote determinado de gallinas. Sin tomar en cuenta la cantidad de carotenoide disponible para las aves, siempre habrá cierta amplitud en la intensidad del color de las yemas de cualquier lote de aves, debido a las diferencias en salud y productividad (2).

CARACTERES BOTANICOS Y PROPIEDADES DEL ACHIOTE (*Bixa orellana* L):

El achiote es un arbusto de altura considerable, es originario de la América Tropical, pertenece a la familia de las Bixaceas y su nombre científico es *Bixa orellana* L (6).

Alcanza aproximadamente unos 4 metros de altura, es de clima cálido y crece bien en suelos húmedos y lluviosos, siempre que no sean muy anegadizos (10).

Se conocen dos tipos de achiote; el de color amarillo rojizo y el rojo oscuro ó bermellón. Las variedades que producen materia colorante más roja tienen frutos más pequeños, tallo verde negruzco y hojas de menor tamaño que las otras variedades (6).

La semilla del achiote tiene unos 3 mm. de largo, es casi triangular y la base mide unos 2 mm. aproximadamente. El epispermo rojo posee un endospermo muy visible y un embrión de tamaño considerable con dos cotiledones foliáceos. La epidermis es de paredes delgadas, se separa muy fácilmente de la cubierta de la semilla y en élla se encuentra la materia colorante. Los frutos son cápsulas que poseen de 30 a 40 semillas cubiertas por una pulpa rojiza y cerosa que es el tinte (6).

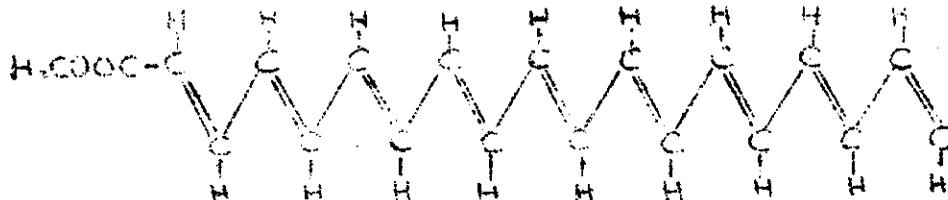
Materias colorantes que contiene el achiote:

El carotenoide llamado bixina se considera como la principal materia colorante que se encuentra en el achiote (4).

Químicamente la bixina se considera como el éster monometílico de la norbixina; sus fórmulas, tanto empíricas como de constitución, se presentan a continuación (4):

Empírica = $C_{25}H_{30}O_4$ (4).

De constitución:



Propiedades de la bixina y extracción de la materia colorante:

La bixina se presenta en forma de pequeños cristales de color rojo oscuro, de brillo metálico y fusibles a 189°C. El rendimiento de bixina varía entre el 5 y 6.2% del peso de la semilla (6).

La extracción manual se verifica agitando las semillas en agua y frotándolas unas contra otras, se pasan por tamiz, se dejan sedimentar, y la pasta se seca y se corta en trozos (6).

Los extractos acuosos de achiote se obtienen por extracción del pericarpio del fruto, por medio de soluciones de hidróxidos alcalinos. Como dato importante se puede anotar que la bixina y la crocetina son los dos únicos carotenoides que no se oxidan fácilmente por el oxígeno del aire (6).

Propiedades de la materia colorante:

El rendimiento de la materia colorante oscila entre el 14 y el 30% del peso de la semilla, se obtiene en forma de una pasta blanda de color rojo anaranjado y fuerte olor, seca toma color pardo rojizo y se vuelve dura y quebradiza. No funde al calen-

tarla, es soluble en alcohol y éter dando coloración amarilla-anaranjada, es insoluble en agua, con el ácido sulfúrico concentrado da coloración azul añil, luego verde y finalmente violeta (6). Si se trata 0.1 gr. de materia colorante en solución alcohólica, con 0.5 cc. de ácido sulfúrico concentrado se produce coloración azul que indica la presencia de bixina, si se añade agua, la coloración se vuelve verde intensa (6).

Análisis de muestras de achiote:

En el Perú se analizaron ocho muestras de achiote obtenidas de tres regiones diferentes: Tumbes, Chanchamayo y Cuzco. Se siguió el método de Dumontal que consiste en la separación de la bixina impura, para lo cual se funde y se separa la pulpa por la acción del agua y se deja decantar recibiendo el producto obtenido el nombre de bixina (6).

Resultados de los análisis de muestras de achiote en Perú (6).

MATERIA	CUZCO			CHANCHAMAYO		TUMBES		
	1	2	3	1	2	1	2	3
COLORANTE								
Masa pasta	14.6%	28.6	28.0	19.8	27.2	20.1	24.0	22.4
Bixina cristalizada	5.2	6.2	6.6	6.0	6.6	6.1	6.2	6.2
GRANO								
Tamaño en mm.	3	3	3	3	3	3	3	3
Forma	Triang.	Trg.	Trg.	Trg.	Trg.	Trg.	Trg.	Trg.
Humedad %	13.7	11.5	13.0	10.2	14.0	11.5	11.3	13.8
Cenizas %	5.96	6.81	6.39	6.65	6.25	5.72	8.23	6.36

EFEECTO DEL ACHIOTE SOBRE EL COLOR DE LA YEMA DEL HUEVO:

En Brasil se llevaron a cabo experimentos, para determinar el efecto que producen los granos de achiote mezclados con el alimento, sobre el color de la yema del huevo (1).

En uno de estos experimentos fueron utilizadas 21 gallinas New Hampshire en plena postura, distribuidas en 4 lotes de 5 aves cada uno (1).

Durante 10 días todas las aves fueron alimentadas con una mezcla que contenía 20% de maíz amarillo triturado, residuos de trigo, harina de carne, soja molida, minerales, etc. Esto se hizo con el fin de anular la influencia del alimento verde que las aves venían recibiendo (1).

Después de los diez días las aves fueron alimentadas con 4 tratamientos diferentes, todos constituidos básicamente de una mezcla compuesta de residuos de trigo, soja, harina de carne y minerales y además 30% de maíz amarillo triturado. Las semillas de achiote fueron usadas en la proporción de 1 y 2% (1).

Raciones empleadas (1).

Ingredientes empleados	R A C I O N E S			
	A Lote #1	B Lote #2	C Lote #3	D Lote #4
Maíz amarillo triturado	30%	0.0%	0.0%	0.0%
Adlai triturado	0.0%	30%	30%	30%
Mezcla *	70%	69%	68%	70%
Semillas de achiote	0.0%	1%	2%	0.0%

* Mezcla de residuos de trigo, soja, harina de carne y minerales.

Los colores de la yema fueron medidos con la escala de colores que aparece en el libro Poultry Production de Lippincott and Card (1).

Resultados obtenidos:

Inicialmente, en todos los tratamientos las yemas mostraron un color amarillo de tonalidad ligeramente clara, bastante común en los huevos de granja (1).

A partir del 4o. día de iniciado el tratamiento, se observó una alteración bastante sensible sobre el color de las yemas, con aumento de coloración en los grupos 1, 2 y 3. El aumento de color del lote #1 se debió al incremento de 10% de maíz amarillo al pasar de 20 a 30%. Los lotes 1 y 2 tratados respectivamente con 30% de

de maíz amarillo y 1% de semillas de achiote, dieron yemas de coloración variable entre amarillo y amarillo anaranjado (1). Las yemas del lote #3 sometido a una dieta con 2% de achiote, mostraron una tonalidad más oscura que varió entre naranja y naranja fuerte.

La sustitución de maíz amarillo por adlai * asociada con supresión de achiote produjo yemas pálidas de un amarillo muy claro y de aspecto bastante desagradable (1).

La variación relativamente amplia que se observó en cada uno de los tratamientos, puede ser atribuida al hecho de haber trabajado con un número reducido de aves y que las medidas del color se hicieron con huevos no siempre obtenidos de las mismas aves. Otro factor que puede haber influenciado en esta variación es el uso de semilla no triturada (1).

Conclusiones:

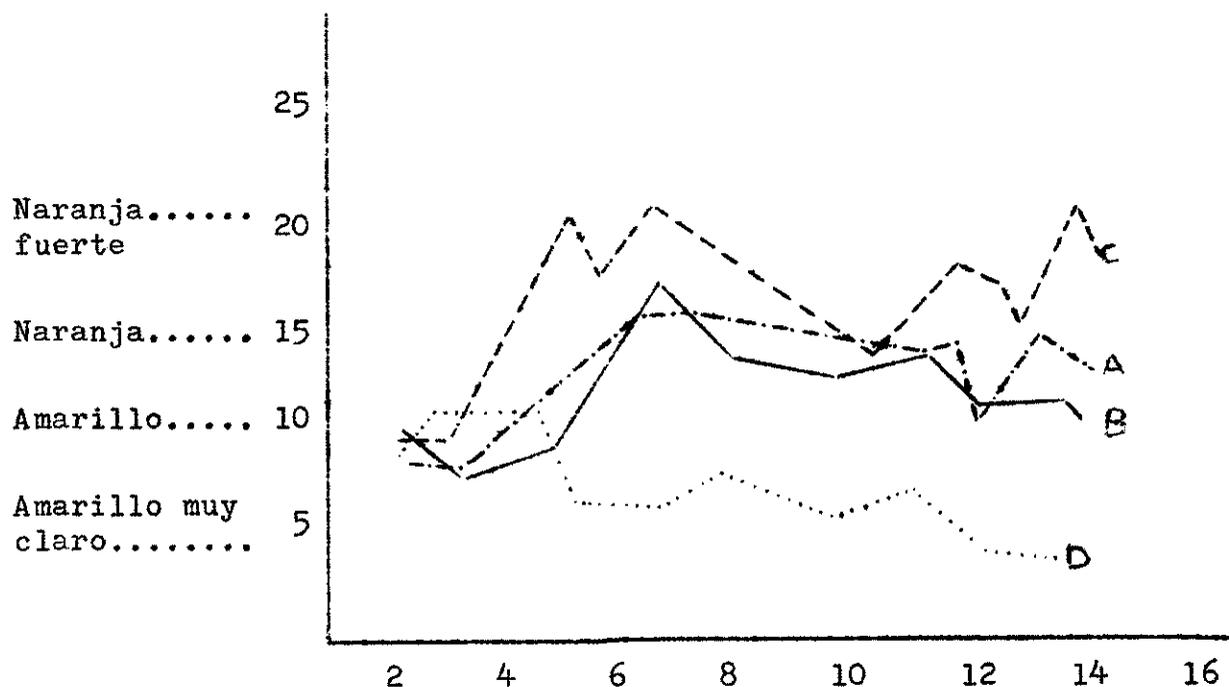
Un aumento de la cantidad de maíz amarillo del 20 al 30% en una ración en que los demás elementos están constituidos de residuos de trigo y harinas proteicas, influye ligeramente sobre la intensidad del color amarillo de la yema (1).

La sustitución de maíz amarillo por cantidades equivalentes de adlai produjo yemas pálidas de aspecto desagradable (1).

* Gramínea rica en carbohidratos.

El aumento de la dosis de achiote del 1 a 2% produjo yemas de color más oscuro que el que se supone que es preferido por el consumidor(1).

Curvas de coloración de las yemas (1):



C.- 30% de adlai + 2% de achiote.

A.- 30% de maíz amarillo.

B.- 30% de adlai + 1% de achiote.

D.- 30% de adlai.

VALOR DE LAS HARINAS DE CAMOTE Y ACHIOTE EN LAS RACIONES PARA AVES DE CORRAL

El achiote crece en los trópicos y es usado como fuente de color vegetal en la alimentación humana (1).

Squibb y otros señalaron que el achiote es rico en carbohidratos y que en dietas para ratas es fuente excelente de actividad de vitamina A (1).

En experimentos llevados a cabo en Guatemala se usó harina de achiote en gallinas ponedoras para determinar su efecto, tanto en el color y contenido de carotina y vitamina A de la yema, como en el nivel de carotina y vitamina A de la sangre (11).

Para llevar a cabo el experimento se usaron 16 gallinas New Hampshire distribuidas en 4 grupos de 4 aves cada uno. Cada gallina se encontraba alojada en una jaula individual. Uno de los grupos fue alimentado con la dieta normal que se da ordinariamente a las gallinas ponedoras del Instituto Agropecuario Nacional de Guatemala, los otros tres grupos recibieron la misma mezcla, pero adicionada con 3, 10 y 25% de harina de achiote respectivamente (11).

Las gallinas fueron alimentadas durante 10 días con esta dieta, y los huevos de los 4 últimos días fueron apartados para observar el color de las yemas. Se determinó el color de las yemas así como su contenido de carotina y de vitamina A (11).

Al finalizar el experimento las aves de los grupos que habían recibido la ración testigo y la ración con 3% de harina de achiote fueron sangradas en las venas del ala. Se analizó el suero de la sangre, para determinar los niveles de carotina y de vitamina A, usando el método de Bessey (11).

Los datos demostraron que los niveles mencionados aumentan cuando se usa harina de achiote (11).

Los resultados indicaron que la harina de achiote en raciones para aves de corral tiene más valor como fuente de actividad de vitamina A que como fuente de carbohidratos. (La harina de achiote es el producto que queda después que la carotina y la bixina han sido removidas por extracción acuosa en el curso de la fabricación de estos dos concentrados)(11).

Efecto observado en el color de las yemas de huevo y su contenido de carotina y vitamina A como en el suero de la sangre al usar harina de achiote en raciones para gallinas ponedoras (11).

RACION	Color de las yemas	Contenido de las yemas			Contenido del suero sanguíneo	
		Carotina		Vitamina	Carotina	Vit. A
		Total	B *	A		
		Mg.%	mg.%	mg.%	%	%
Ración testigo.	Amarillo pálido	1.36	.034	.204	16	21.0
R.T.+3% Achiote	Amarillo normal	.747	.073	.199	168	37.1
R.T.+10% Achiote	Amarillo café os- curo	--	--	--	--	--
R.T.+25% Achiote	Café rojo oscuro	--	--	--	--	--

* Beta caroteno.

La afirmación de que la harina de achiote es una buena fuente de actividad de vitamina A se ve confirmada por el hecho de que aún la ración que contenía únicamente 3% de harina de achiote, aumentó considerablemente los niveles de carotina y vitamina A en el suero de la sangre (11).

No se encontraron diferencias entre el grupo testigo y el grupo alimentado con 3% de harina de achiote en lo que se refiere al contenido de Vitamina A de los huevos. Esto se puede deber al corto tiempo del experimento o a que parte del carotenoide del achiote parece ser inactivo (11).

EL ACHIOTE COMO FUENTE DE VITAMINA A EN RATAS:

Ratas de linaje U.S.D.A. fueron alimentadas con cuatro especies de tortas forrajeras y con torta de achiote y aceite de palma africana (12).

El porcentaje de absorción de carotenoides para la torta de achiote fue de 44 y el porcentaje de riboflavina retenida para achiote fue de 69 (12).

No se observaron diferencias significativas en los valores de suero de riboflavina o de vitamina A, a pesar de la diferencia en absorción de carotenoides y riboflavina. A pesar de que los carotenoides del achiote fueron bien absorbidos, el alto contenido del suero en carotina indica que no todos los carotenoides medidos químicamente tienen actividad de vitamina A (12).

Absorción de carotenoides y niveles de carotenoides y vitamina A en el suero sanguíneo, de ratas alimentadas con 4 tortas forrajeras, achiote y palma africana (12)

Ingredientes usados	Número de ratas	Carotenoides totales			Suero sanguíneo	
		Consumidos mgs.	Eliminados mgs.	Absorbidos %	Carotenoides 8%	Vit. A 8%
Grupo testigo	12	--	--	--	--	--
Tortas Forrajeras						
Desmodium	10	13.68	5.56	59	3	23.1
Pastos Kikuyo	10	17.41	3.94	77	4	23.6
Ramio	10	9.77	5.76	41	4	25.5
Hojas de Banano	10	13.60	4.65	66	8	19.2
Otros alimentos						
Aceite de palma	10	17.95	6.24	65	6	20.5
Torta de achiote	10	1.42	0.79	44	35	11.9

De todos los grupos de ratas, exceptuando los que recibieron achiote, los carotenoides del suero quedaron bajos, indicando buena conversión, a vitamina A (12).

Aparentemente, o las ratas no pueden convertir algunos de los carotenoides del achiote en vitamina A o algunos factores propios del achiote interfirieron la conversión (12). No obstante, el nivel de vitamina A del grupo achiote fué diez veces mayor que el grupo testigo y aproximadamente la mitad de los otros grupos. Estos datos indican que algunos de los carotenoides del achiote poseen buena actividad de vitamina A (12).

EFFECTO DE LOS CAROTENOIDES SINTETICOS SOBRE EL COLOR DE LA YEMA DEL HUEVO

En experimento realizado en la Facultad de Medicina Veterinaria en Lima, Perú, se estudió la acción del Beta-apo-8-carotenal C₃₀ sobre el color de la yema del huevo (13).

Cien gallinas de la raza New Hampshire de 8 meses de edad fueron divididas en 4 lotes de 25 aves cada uno y alojadas en baterías individuales de postura. Durante los primeros 20 días los grupos 1, 2 y 3 recibieron una dieta pobre en carotenoides y el grupo 4 recibió una dieta rica en carotenoides naturales. Después de los 20 días se inició el suministro de Beta-apo-8-carotenal (13).

Se muestra a continuación la distribución de los grupos y el suministro de las raciones (13).

No. de grupo	Ración empleada	Cantidad de pigmento carotenoide empleada
1	No. 1 Pobre en carotenoides naturales	Ninguna (Testigo negativo)
2	No. 1 Pobre en carotenoides naturales	1.5 grs. por cada 100 kg. de ración
3	No. 1 Pobre en carotenoides naturales	3.0 grs. por 100 kg. de ración
4	No. 2 Rica en carotenoides naturales	Ninguna (Testigo Positivo)

El color de la yema se determinó por comparación visual con la escala empírica de colores proporcionada por la Casa F. Hoffman-La Roche. Esta escala tiene una graduación de 1 a 12 que va desde el

amarillo pálido hasta el anaranjado. Las observaciones se realizaron durante los 45 días que duró el experimento (13).

Antes de comenzar a usar el beta-apo-8-carotenal se comprobó que el color de las yemas variaba entre el 2 y 3 de la escala para los grupos 1, 2 y 3, mientras que la coloración en el grupo 4 alcanzó el 7 de la escala que corresponde a un color amarillo anaranjado (13).

Cinco días después de estar administrando el pigmento, se observaron los siguientes cambios: se apreció aumento en la intensidad de coloración de las yemas de huevos correspondientes a los grupos 2 y 3 acentuando su intensidad conforme pasaban los días. En el grupo 3, la intensidad de coloración a los 21 días igualó a la alcanzada por las yemas del grupo No. 4, formada por aves que consumían dieta rica en carotenoides naturales (13).

A partir de los 30 días no se observaron más variaciones en la pigmentación, manteniéndose las siguientes tonalidades: amarillo pálido para el grupo #1, (No. 2 en la escala), amarillo intenso para el grupo #2 (No. 4 en la escala) y amarillo anaranjado para los grupos 3 y 4 (No. 7 en la escala) (13).

EFECTO DE LA HARINA DE CEMPASUCHIL (Tagetes erecta) EN EL COLOR DE LA YEMA DEL HUEVO

En México se llevaron a cabo experimentos con harina de cempasuchil (Tagetes erecta) a fin de determinar su efecto sobre el color de las yemas (3).

Se empleó una dieta básica formada en su mayor parte de maíz cacahuazintle para obtener una ración baja en pigmentos y poder evaluar de esta manera el efecto de la harina de cempasuchil (3).

Al usar una dieta pobre en pigmentos el color de la yema fué casi blanco. Al usar harina de cempasuchil en diversos niveles, se obtuvo una coloración aceptable en las yemas de los huevos. El nivel máximo empleado fué de 0.25%. Se determinó que el efecto máximo sobre la coloración de la yema del huevo mediante el empleo de cualquier dieta, puede observarse 10 días después de haberse iniciado el consumo. También se pudo comprobar que el uso de la harina de cempasuchil no tiene efectos contrarios ni sobre la postura, ni sobre el consumo de alimento (3).

EVALUACION DE ALGUNOS CAROTENOIDES COMO COLORANTES DE LA YEMA DEL HUEVO

Una serie de carotenoides puros, incluyendo: cantaxantina, isozeaxantina, dimetil-éter de isozeaxantina, capsantina, violaxantina, zeaxantina y beta-apo-8-carotenal fueron ensayados en gallinas ponedoras por sus propiedades como pigmentarios de la yema de huevo (9).

Se comprobó que el aumento en la intensidad del color de la yema está directamente relacionada con el aumento de carotenoides en el alimento de las gallinas. El color producido en las yemas de los huevos varió de acuerdo con los carotenoides suplementados. Cantaxantina, isozeaxantina, diacetato de isozeaxantina, y

capsantina impartieron a las yemas un tinte anaranjado que no es aceptable. La violaxantina es inefectiva como pigmento. Zeaxantina, isozeaxantina (dimetil éter) y Beta-apo-8-carotenal produjeron yemas de color amarillo agradable (9).

LA UTILIZACION DE LOS CAROTENOIDES POR LOS POLLOS Y LAS GALLI-

NAS:

Experimentos realizados:

Experimento #1.- En el primer experimento doce gallinas, que habían recibido una dieta libre de carotenoides, fueron divididas en dos grupos. Nueve gallinas recibieron la dieta inicial suplementada con carotenoides, las otras tres continuaron recibiendo la misma dieta inicial (14).

Los huevos fueron recogidos diariamente. Fué analizado el contenido de carotenoides de las yemas de huevos puestos en el 4o., 6o., 8o. y 10o. día. La concentración de carotenoides al principio del experimento también fué medida. Las gallinas fueron sangradas por punción en la vena del ala al 10o. día y medido el contenido de carotenoides del suero (14).

A través de todo el experimento fueron hechas observaciones acerca de: Efecto sobre el porcentaje de postura, principio de la muda y estado general de salud en relación con el contenido de carotenoides del suero y de la yema (14).

Resultados obtenidos:

Las gallinas que habían sido mantenidas con dieta libre de carotenoides, depositaron rápidamente carotenoides en la yema cuando se les dió el suplemento de carotenoides (14).

Pequeñas cantidades de los carotenoides ingeridos fueron depositados en la yema aproximadamente unas 48 horas después de administrar la dieta rica en carotenoides. El contenido de carotenoides de la yema se incrementó primeramente hasta alcanzar el máximo de concentración entre el 8o. y el 10o. día (14).

Se observó que los carotenoides contenidos en la yema del huevo están influenciados por diversos factores, por ej. gallinas con un alto porcentaje de producción depositaron menos cantidad de carotenoides en la yema que las gallinas con baja producción, esto es comprensible en el caso de que el consumo de alimentos no presente diferencias notables. También se encontró que los carotenoides del suero reflejan un cambio dietético más rápido que los carotenoides de la yema (14).

En otra fase de este mismo experimento, la dieta libre de carotenoides fué suplementada con niveles graduados de zeaxantina pura. Evidentemente los carotenoides fueron depositados en la yema antes de que hubieran incrementos significantes en los carotenoides del suero. Se puede afirmar por tanto, que los carotenoides de la dieta son depositados de preferencia en la yema de los huevos (14).

Se presentan a continuación las tablas correspondientes a las dos fases del experimento anterior:

Carotenoides encontrados en el suero y en la yema (4 observaciones) (14).

Carotenoides		Porcentaje de producción
Suero Mcg/ml.	Yema mcg/gm.	
5.4	18.5	22.1
8.1	--	--
12.0	10.1	46.2
2.3	13.8	72.1

Deposición de zeaxantina en la yema y en el suero (14)

Dieta	Zeaxantina	Carotenoides		Xantofilas	
		Suero Mcg/ml.	Yema mcg/gm.	Consumidas mg/ave	Utilizadas Yema
1	Ración Testigo	0.61	1.8	--	--
2	" "				
	4 mg/libra	0.88	16.8	13.2	1.13
3	Ración testigo				
	4 mg/libra	0.92	24.1	19.8	1.12
4	Ración testigo				
	4 mg/libra	1.32	31.2	26.4	1.11

En otro experimento llevado a cabo se dividió un lote de 24 gallinas en cuatro grupos de 6 aves cada uno, las cuales habían sido alimentadas anteriormente con una dieta libre de carotenoides. Las dietas anteriores fueron complementadas respectivamente con 60% de maíz amarillo, 4% harina de alfalfa y 3% de harina de gluten de maíz, dejando un grupo testigo alimentado con la dieta inicial (14).

inicial (14).

Resultados obtenidos (14).

Grupos	Dieta	Carotenoides		Xantofilas	
		Suero mcg/ml.	Yema mcg/gm.	Consumidas mg/ave	Utilizadas Yema
1	Base (Testigo)	0.53	1.75	—	—
2	Base+60% maíz amarillo	2.47	14.57	11.8	1.23
3	Base+4% Harina alfalfa	2.68	14.57	14.7	0.99
4	Base+3% Harina de gluten de maíz	2.79	13.73	15.1	0.91

MATERIALES Y METODOS

Aves empleadas: Se utilizó un lote de 60 gallinas Leghorn de 8 meses de edad distribuidas en 4 grupos de 15 aves cada uno.

Raciones: Se usaron 4 raciones diferentes.

- a) Ración a la cual se le agregaron 2 grs. de Carophyll 10, por quintal de alimento consumido.
- b) Ración a la cual se le mezclaron 6 onzas de achiote finamente molido por quintal de alimento suministrado.
- c) Ración a la cual se le mezclaron 3 onzas de achiote finamente molido por quintal de alimento suministrado.
- d) Ración testigo, a la cual no se le agregó ni Achiote ni Carophyll.

En todas las Raciones se empleó el alimento para aves de corral distribuido bajo la marca NUBASA.

Pigmentos usados: Se usaron 2 clases de pigmentos.

- a) Carophyll 10 (Etil éster del ácido Beta-apo-8-carotenoico) carotenoide sintético que se presenta comercialmente bajo la forma de gránulos muy pequeños de color rojo anaranjado.
- b) Granos de achiote (Bixa orellana L) finamente molido, que contienen principalmente el carotenoide conocido con el nombre de bixina.

Evaluador del color de las yemas: Para evaluar el color de las yemas se utilizó la escala empírica de colores fabricada por la Casa ROCHE. Esta escala empírica tiene 12 tonalidades diferentes que comprenden desde el amarillo muy pálido hasta el anaranjado fuerte.

Procedimiento: Las aves fueron alojadas en gallinero con piso de concreto, provisto de cama de paja. En los 2 períodos no se observó ataque de ninguna enfermedad.

Durante los primeros diez días del experimento las 60 aves fueron alimentadas con concentrados NUBASA a los cuales no se les había agregado ni achiote ni "Carophyll 10".

A partir del 11.º día se dividieron las 60 aves en 4 grupos de 15 aves cada uno, suministrándoles concentrado, pero ya mezclado con las dosis mencionadas de achiote y Carophyll. Estas dosis se suministraron durante 21 días aproximadamente.

Se hicieron observaciones diarias del color de las yemas, comparándolas con la escala empírica de colores ROCHE. El color de la yema en cada observación fue logrado, examinando 3 huevos de cada grupo. Se hicieron además anotaciones diarias relacionadas con la postura de cada uno de los cuatro grupos para obtener los registros de postura de cada lote. Esto se hizo con el fin de determinar el efecto que sobre la productividad puedan tener las dosis de achiote y de Carophyll.

Al cabo de los 21 días se suspendió la administración de achiote y de Carophyll 10, dándoles únicamente alimento sin mezclarle estos ingredientes, durante un período aproximado de 20 días al cabo de los cuales se volvió a iniciar el tratamiento anterior, haciendo las mismas anotaciones mencionadas anteriormente.

Los datos de postura de los dos períodos fueron sometidos a análisis de varianza para determinar si las diferencias observadas eran o no significativas. Se verificaron también comparaciones ortogonales, para establecer entre cuales tratamientos existían diferencias estadísticamente significantes.

RESULTADOS

Antes de iniciar las administraciones de Carophyll y Achiote, las yemas de los huevos de todos los grupos, presentaban una coloración amarillo muy pálido, comprendida entre el 1 y el 2 de la escala empírica de colores ROCHE.

Las coloraciones de las yemas en los 4 grupos y durante los 2 períodos de 21 días, se presentan en los cuadros 3 y 4 y Gráficas I y II.

Durante el primer período de 21 días (Gráfica I) las yemas de huevos del grupo testigo, presentaron muy pocas variaciones en coloración, la cual varió, entre el 2 y el 3 de la escala empírica de colores.

Los otros tres grupos tratados con achiote y Carophyll presentaron notables diferencias de coloración en comparación con el grupo testigo (Gráfica I). En estos tres grupos se observó una elevación progresiva del color, desde el 1 y 2 de la escala hasta llegar en algunas ocasiones a una coloración amarillo intenso correspondiente al #7 en dicha escala. El tratamiento achiote 6 onzas produjo en las yemas una elevación rápida del color que se manifestó en su máxima intensidad alrededor del 8o. día en que alcanzó la coloración correspondiente al 6 de la escala, luego la coloración descendió hasta 4, para estabilizarse entre 4 y 5 aproximadamente. El Carophyll produjo una elevación de color mas lenta que alcanzó un máximo de 7 alrededor del día 15, estabilizándose finalmente alrededor del 5.5 de la escala de colores. El tratamiento achiote 3 onzas produjo elevaciones de color menores que

las de Carophyll y achiote 6 onzas, alcanzando un máximo de 4 estabilizándose entre el 3 y 4 de la escala.

Durante el período de descanso de 20 días, las coloraciones de las yemas presentaron variaciones considerables, que en algunos casos fueron de 2 y 3 unidades de la escala, en períodos de 2 días. No hubo uniformidad en las coloraciones, sino mas bien una variación constante, que no se sabe a que causas atribuir.

En el 2o. período de 21 días (Gráfica II) las variaciones observadas en coloración fueron mas notables que en el primero, no pudiéndose apreciar estabilizaciones del color tan notorias como en el caso anterior. El grupo testigo presentó variaciones comprendidas principalmente entre el 2 y 3 de la escala empírica. Carophyll produjo siempre coloraciones intensas que en algunos casos alcanzaron el 7 de la escala, bajando a 5 en el final del período. El achiote en sus dosis de 3 y 6 onzas produjo variaciones de color comprendidas entre 4 a 5 y 5 a 6 de la escala empírica de colores.

El análisis de varianza (Cuadro 6) evidenció que las diferencias observadas en postura eran debidas únicamente a los tratamientos, ya que se obtuvieron resultados estadísticamente significantes al nivel del 1% para tratamientos, y para la fuente de variación clasificada como días, los resultados fueron no significantes.

Para determinar entre cuales tratamientos existían diferencias verdaderas se recurrió al método de las comparaciones ortogonales (Cuadro 7) comparando:

- 1.- Testigo+Carophyll vs Achiote 3 onz.+ Achiote 6 onz.
- 2.- Testigo vs Carophyll
- 3.- Achiote 3 onz. vs Achiote 6 onz.

Se obtuvieron resultados estadísticamente significantes al nivel del 1% para la primera comparación. Para la segunda comparación no se obtuvo significancia y para la tercera se observó significancia al nivel del 5% (Cuadro 7).

D I S C U S I O N E S

A través de todo el ensayo se pudo verificar que el efecto del achiote sobre el color de la yema se manifestó más prontamente que la acción de CAROPHYLL 10. Se observó además que el achiote alcanzó su máximo efecto pigmentario más pronto que Carophyll. Sin embargo Carophyll 10 proporcionó un color más intenso a las yemas, a pesar de que su efecto se manifestó más tardíamente que el del achiote, alcanzado su máximo efecto pigmentario alrededor del 15o. día de administración.

Las dosis de achiote ejercieron una acción perjudicial, sobre la postura, ya que la hicieron disminuir considerablemente. Este efecto negativo sobre la postura puede ser debido a una acción directa del achiote sobre el organismo del ave, o bien a un menor consumo de alimento, ya que se observó que los grupos alimentados con suplemento de achiote tardaron 1 ó 2 días más en consumir la misma cantidad de alimento que los otros 2 grupos. Este menor consumo de alimento está probablemente relacionado con el sabor conferido al alimento por el achiote.

El hecho de que, durante el 2o. período, las coloraciones hayan partido de niveles tan altos, como el 4, 5 y 6 de la escala es debido a que, evidentemente el pigmento consumido durante el primer período no había desaparecido en su totalidad, ya que la administración de achiote y Carophyll se inició muy tempranamente.

En lo que se refiere a la pigmentación de las yemas, la variación observada dentro de cada grupo, es debida principalmente

a que los huevos examinados no eran tomados de las mismas aves, y también a las diferencias en salud y productividad que existen aún entre aves de la misma raza, edad y sexo.

C O N C L U S I O N E S

El Carophyll 10 en dosis de 2 grs. por quintal de alimento, proporciona a las yemas de los huevos una coloración amarillo intenso y no ejerce ningún efecto perjudicial sobre la postura.

El achiote en las dosis de 3 y 6 onzas por quintal de alimento proporciona a las yemas de los huevos una coloración amarillo que aumenta a medida que la dosis se eleva de 3 a 6 onzas, sin embargo estas coloraciones son siempre inferiores a las proporcionadas por Carophyll 10, en dosis de 2 gramos por quintal de alimento. El achiote en las dosis mencionadas disminuye considerablemente la postura, aumentando este efecto nocivo a medida que se eleva la dosis.

R E S U M E N

El presente ensayo tuvo por objeto determinar el efecto producido por un colorante natural y otro artificial, sobre la coloración de las yemas del huevo y la productividad de las aves.

El experimento se realizó, en la Estación Experimental Agropecuaria "La Calera" (Managua) durante los meses de Octubre y Noviembre de 1965.

Para realizar el trabajo se utilizaron 60 gallinas Leghorn, divididas en cuatro grupos de 15 aves cada uno. Estos grupos fueron alimentados durante 2 períodos de 21 días, con raciones que contenían 2 dosis de achiote (*Bixa orellana* L) y 1 dosis de "Carophyll 10" (Etil éster del ácido Beta-apo-8-carotenoico).

Los resultados indicaron que el "Carophyll 10" en dosis de 2 gramos por quintal confirió a las yemas una tonalidad amarillo - intenso (6 y 7) de la escala) y no tuvo ningún efecto negativo sobre la postura.

El achiote en dosis de 3 y 6 onzas por quintal confirió a las yemas un color amarillo más claro, inferior al proporcionado por "Carophyll 10" y disminuyó considerablemente la postura a medida que aumentaba la dosis.

El grupo alimentado con ración testigo produjo huevos con yemas amarillo muy claro (2 y 3 de la escala) inferior a las coloraciones obtenidas con los demás tratamientos.

Cuadro 1.- Datos de Postura obtenidos de los 4 grupos de aves, durante el primer período de 21 días.

Día #	Grupo A	Grupo B	Grupo C.	Grupo D
1	7	7	6	6
2	7	8	5	5
3	9	9	6	10
4	9	7	8	7
5	6	7	7	10
6	8	8	11	9
7	11	8	8	9
8	8	8	8	11
9	7	8	6	10
10	11	9	10	9
11	10	8	9	10
12	8	8	11	9
13	10	7	10	11
14	11	9	12	10
15	9	9	10	11
16	8	8	8	9
17	12	10	11	11
18	10	9	10	10
19	9	6	11	10
20	10	9	10	9
21	9	8	8	8
Totales	189	170	185	194
Promedio	9	8.09	8.81	9.23

Grupo A = Carophyll 10.

Grupo B = Achiote 6 onzas.

Grupo C = Achiote 3 onzas.

Grupo D = Testigo.

NOTA: Las diferencias observadas en relación con los datos del análisis de varianza se debe a que el Grupo A constaba solamente de 14 gallinas y se tuvo que eliminar una gallina con todo y su producción, para poder establecer la ortogonalidad necesaria para el análisis.

Cuadro 2.- Datos de Postura obtenidos de los 4 grupos de aves, durante el segundo período de 21 días.

Día #	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
1	10	8	10	10
2	12	11	9	13
3	13	10	12	10
4	9	11	14	12
5	14	11	8	12
6	8	10	14	11
7	12	11	12	7
8	12	9	10	10
9	10	9	10	9
10	9	8	12	10
11	10	10	10	9
12	11	9	9	7
13	9	10	8	9
14	12	9	11	9
15	10	7	10	10
16	9	10	11	11
17	10	10	8	8
18	11	8	10	9
19	9	9	9	10
20	10	8	9	10
21	10	9	8	11
Totales	220	197	214	208
Promedio	10.4	9.4	10.2	9.9

Grupo A = Carophyll 10.
Grupo B = Achiote 6 onzas.
Grupo C = Achiote 3 onzas.
Grupo D = Testigo.

NOTA: Las diferencias observadas en relación con los datos del análisis de varianza, se deben a que el grupo D constaba solamente de 14 gallinas y se tuvo que eliminar una con todo y su producción, para establecer así la ortogonalidad necesaria para el análisis.

Cuadro 3.- Coloraciones observadas en las yemas de los huevos, (Según escala empírica) al añadir a la ración 3 y 6 onzas de achiote por quintal de alimento.

Grupo C		Día #	Grupo B	
Primer Período	Segundo Período		Primer Período	Segundo Período
1	4	1	2	5
1	4	2	2	5
3	5	3	2	5
2	5	4	4	6
3	5	5	5	5
3	5.5	6	5	5.5
4	3.5	7	6	1
4	6.5	8	6	5
4	4.5	9	4	6
3	5.5	10	4	6
2	5.5	11	4	6.5
3	5	12	4	5
3	5	13	4	5.5
3	4	14	4	4
3	4	15	4	6
4	4	16	5	6.5
4	5	17	5	6
3	4	18	4	6
4	5	19	5	6
3	4	20	5	6
3	4	21	5	6
63	98	Totales	79	113.5
3	4.66	Promedio	3.76	5.4

Grupo C = Achiote 3 onzas

Grupo B = Achiote 6 onzas

Cuadro 4.- Coloraciones observadas en las yemas de los huevos, (Según escala empírica de colores) al añadir a la ración 2 grs. de Carophyll 10 por quintal de alimento. Se presentan, también las coloraciones obtenidas con el testigo.

Grupo A		Día #	Grupo D	
Primer Período	Segundo Período		Primer Período	Segundo Período
2	6	1	2	3
2	6	2	2	4
1	4	3	2	3
1	4.5	4	2	3
1	5	5	2	3
2	7	6	2	3
3	4	7	2	2
3	6	8	2	3
2	6	9	2	4
4	7	10	2	2
4	7	11	2	2
5	7	12	3	3
6	3	13	2	3
6	3	14	3	3
7	6	15	3	1
6	7	16	3	2
6	5.5	17	3	3
6.5	5.5	18	3	3
6.5	5.5	19	3	2
6.5	5	20	3	3
6.5	5	21	2	3
87	115	Totales	50	58
4.14	5.47	Promedio	2.38	2.76

Grupo A = "Carophyll 10"

Grupo D = Testigo

Cuadro 5.- Datos de Postura modificados, para realizar el análisis de varianza.

Días	Carophyll 10 A	T r a t a m i e n t o s			Suma
		Achiote 6 onz B	Achiote 3 onz C	Testigo D	
1	7+ 9= 16	7+ 8= 15	6+10=16	6+10=16	63
2	12+ 7= 19	8+11= 19	5+ 8=13	5+13=18	69
3	12+ 9= 21	8+10= 18	6+11=17	9+10=19	75
4	8+ 9= 17	7+10= 17	7+14=21	7+12=19	74
5	14+ 6= 20	6+10= 16	6+ 7=13	9+12=21	70
6	8+ 8= 16	8+ 9= 17	11+13=24	8+11=19	76
7	11+11= 22	7+10= 17	7+12=19	9+ 7=16	74
8	11+ 8= 19	8+ 9= 17	8+10=18	10+10=20	74
9	10+ 7= 17	8+ 8= 16	6+ 9=15	10+ 9=19	67
10	9+11= 20	8+ 8= 16	10+11=21	8+10=18	75
11	9+10= 19	8+ 9= 17	8+10=18	10+10=20	74
12	10+ 8= 18	8+ 9= 17	10+ 9=19	8+ 7=15	69
13	8+10= 18	7+ 9= 16	10+ 7=17	11+ 9=20	71
14	12+11= 23	8+ 9= 17	11+10=21	9+ 9=18	79
15	9+ 9= 18	9+ 6= 15	10+10=20	10+10=20	73
16	8+ 9= 17	7+10= 17	8+11=19	9+11=20	73
17	12+ 9= 21	9+10= 19	10+ 8=18	10+ 8=18	76
18	10+11= 21	9+ 7= 16	10+ 9=19	10+ 9=19	75
19	9+ 9= 18	6+ 9= 15	10+ 9=19	10+10=20	72
20	10+10= 20	8+ 8= 16	9+ 8=17	9+10=19	72
21	9+10= 19	8+ 9= 17	8+8 =16	8+11=19	71
Total	399	350	380	393	
Promedio	19	16.6	18.5	18.7	

Cuadro 6.- Análisis de Varianza:

F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	Fc	5%	Ft	1%
Tratamientos	3	68.05	23.68	6.34 ⁺⁺	2.76		4.13
Días	20	62.81	3.14	0.84 ^{ns}	1.75		2.20
Error	60	223.95	3.73				
Total	83	354.81					

⁺⁺ = Altamente significativo.

^{ns} = No significativo.

Procedimiento

$$F.C. = \frac{(1522)^2}{84} = 27,577.19$$

$$S.C.T. = (\sum X)^2 - F.C. = 354.81$$

$$S.C. \text{ Trat.} = \frac{(\sum A)^2}{21} + \frac{(\sum B)^2}{21} + \frac{(\sum C)^2}{21} + \frac{(\sum D)^2}{21} - Fc = 68.05$$

$$S.C. \text{ Días} = (63)^2 + (69)^2 + \dots + (71)^2 - Fc = 62.81$$

$$S.C. \text{ Error} = 354.81 - (68.05+62.81) = 223.95$$

$$C.M. \text{ Trat.} = \frac{68.05}{3} = 23.68$$

$$C.M. \text{ Días} = \frac{62.81}{20} = 3.14$$

$$C.M. \text{ Error} = \frac{223.95}{60} = 3.73$$

$$F_c. \text{ Trat.} = \frac{23.68}{3.73} = 6.34$$

$$F_c. \text{ Días} = \frac{3.14}{3.73} = 0.84$$

Cuadro 7.- Comparaciones ortogonales:

F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	Fc	5%	Ft	1%
A+D vs B+C	1	45.76	45.76	12.26 ⁺⁺	4.00		7.08
D vs A	1	0.85	0.85	0.22 ^{ns}	4.00		7.08
B vs C	1	21.43	21.43	5.72 ⁺	4.00		7.08

++ = Altamente significativo.

ns = No significativo.

+ = Significativo.

Procedimiento

Se establecieron las siguientes comparaciones:

- 1.- D A vs B C
 Testigo + Carophyll vs Achiote 6 onz + Achiote 3 onz
- 2.- D vs A
 Testigo vs Carophyll
- 3.- B vs C
 Achiote 6 onz vs Achiote 3 onz

Comprobación:

A + D vs B + C	A	B	C		
D vs A	+1	-1	-1	+1	= 0
B vs C	-1	0	0	+1	= 0
	0	+1	-1	0	= 0

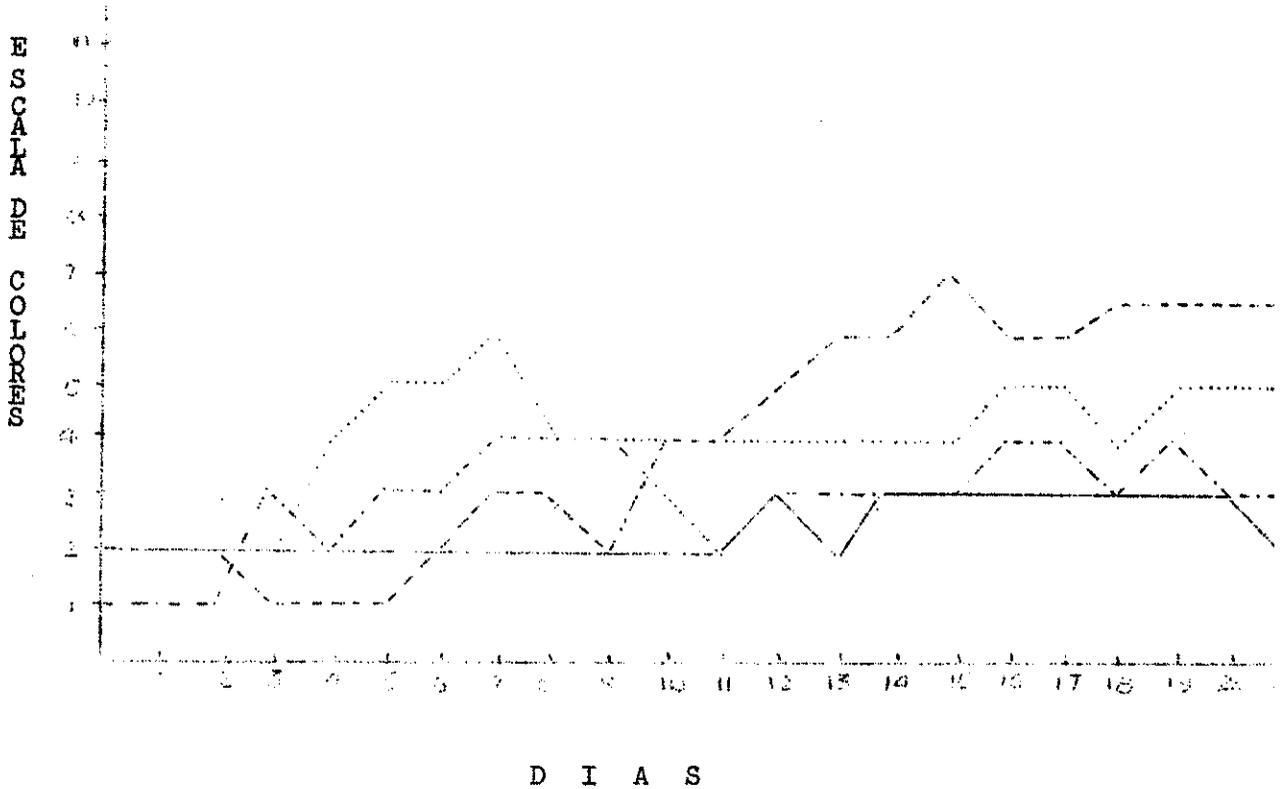
Cálculo de Sumas de Cuadrados:

$$A + D \text{ vs } B + C \quad \frac{(A+D)^2}{42} + \frac{(B+C)^2}{42} - \frac{(A+B+C+D)^2}{84} = 45.76$$

$$D \text{ vs } A \quad \frac{D^2}{21} + \frac{A^2}{21} - \frac{(D+A)^2}{42} = 0.85$$

$$B \text{ vs } C \quad \frac{B^2}{21} + \frac{C^2}{21} - \frac{(B+C)^2}{42} = 21.43$$

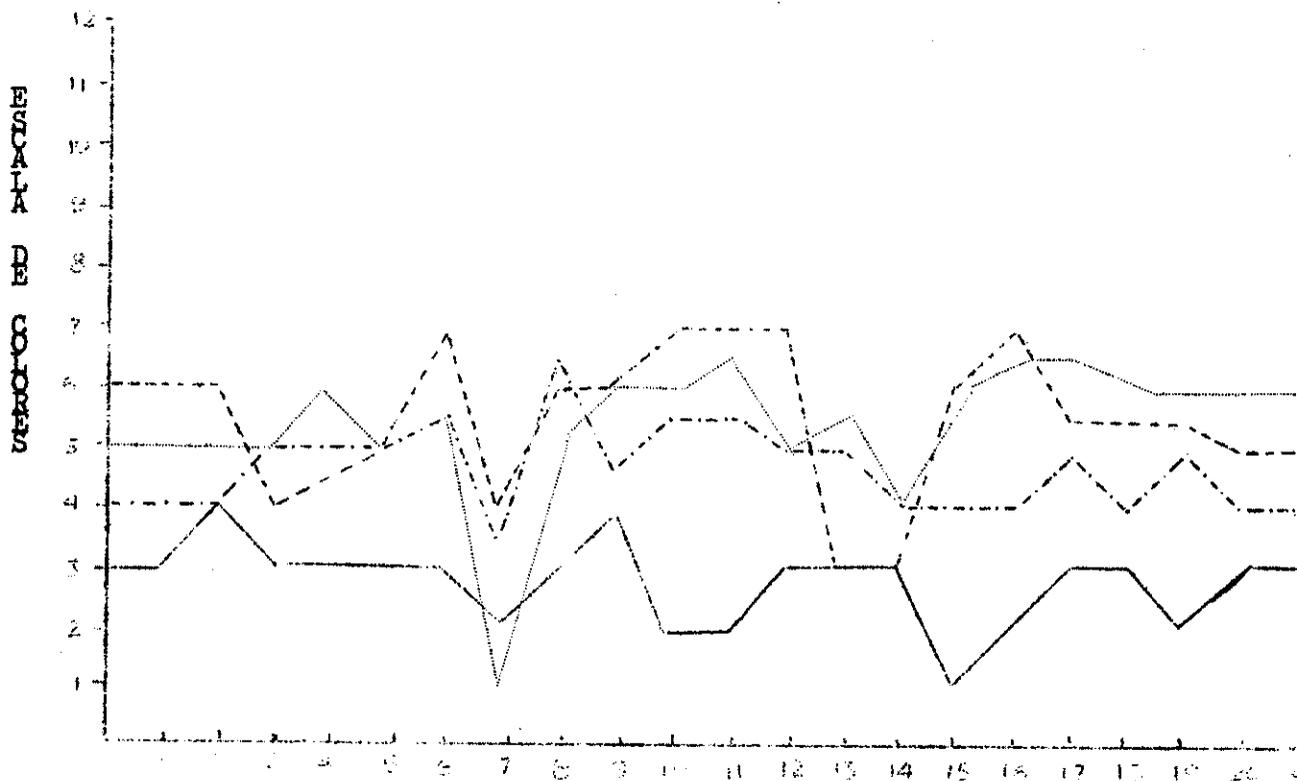
Gráfica I.- Coloraciones observadas en las yemas de los huevos (Según escala empírica) durante el primer período de 21 días.



LEYENDA:

- = Achiote 3 onzas
- = Testigo
- . - = Carophyll 10
- = Achiote 6 onzas

Gráfica II.- Coloraciones observadas en las yemas de los huevos (Según escala empírica) durante el segundo período de 21 días.



LEYENDA:

—•— = Achiote 3 onzas

— = Testigo

— — = Carophyll 10

..... = Achiote 6 onzas