

**FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



**Efecto del marigold saponificado y altos contenidos de
polvillo de arroz en dietas de gallinas de postura
suplementadas con complejo multienzimático sobre la
producción y pigmentación de yema de huevo**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

MARIO SERGIO BASURCO VALCÁRCEL

TRUJILLO, PERÚ

2019

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Mg. César Honorio Javes
PRESIDENTE

M.V. Mg. Ciro Alejandro Meléndez Tamayo
SECRETARIO

M.V. Luis Ortiz Tenorio
VOCAL

Ing. Dr. Wilson Lino Castillo Soto
ASESOR

DEDICATORIA

A mi abuelo, que fue y será mi ejemplo a seguir de perseverancia y esfuerzo, sé que estés en donde estés te sientes feliz y orgulloso de mi.

A mis padres, mi hermana que siempre se sacrificaron por darme todo por ser mejor persona y un buen profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme en cada paso de mi vida para poder alcanzar esta meta.

A mi asesor Wilson Castillo, por brindarme su apoyo y por la disposición en todo momento para compartir sus conocimientos.

Al doctor Ciro Meléndez, por su apoyo y estar siempre dispuesto a brindarme sus conocimientos que contribuyeron en mi formación como profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARATULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA.....	3
2.1.El huevo	3
2.1.1.Formación del huevo.....	3
2.1.2.Estructura del huevo	5
2.2. La yema.....	6
2.3. Pigmentación de la yema de huevo	7
2.4.Pigmentos	7
2.4.1.Pigmentos Sintéticos.....	8
2.4.2.Pigmentos Naturales.....	9
2.4.3.Xantofilas	10
2.4.4.Carotenos.....	11
2.5.Fuentes de pigmentos naturales.....	11
2.6. Absorción y asimilación de carotenoides	13
2.7. Depósito de carotenoides.....	14

2.8. Factores que influyen en la pigmentación de la yema de huevo	14
2.9. Polvillo de arroz en gallinas de postura.....	15
2.10. Importancia de los pigmentos en avicultura	17
2.11. Teoría del color.....	18
2.12. Sistemas de medición del color	19
2.13. Abanico colorimétrico DSM.....	20
III. MATERIALES Y METODOS	21
3.1. Lugar de Investigación.....	21
3.2. Animales de estudio	21
3.3. Instalaciones.....	21
3.4. Manejo.....	21
3.5. Alimentación	22
3.6. Variables independientes.....	24
3.7. Tratamientos.....	24
3.8. Variables dependientes	25
3.9. Análisis estadísticos	25
IV. RESULTADOS.....	27
4.1. Evaluación del comportamiento productivo.....	27
4.2. Pigmentación de la yema de huevo	30
V. DISCUSIONES.....	33
5.1. Evaluación del comportamiento productivo.....	33
5.2. Pigmentación de yema de huevo.....	34
VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
VIII. BIBLIOGRAFIA	38
IX. ANEXOS	43

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comportamiento de la producción de huevos, en función de los niveles de polvillo de arroz durante las cuatro semanas.....	28
Figura 2. Comportamiento del peso de huevo, en función de los niveles de polvillo de arroz durante las cuatro semanas.....	29
Figura 3. Comportamiento de la masa de huevo, en función de los niveles de polvillo de arroz durante las cuatro semanas.....	30
Figura 4. Comparación de la pigmentación de la yema de huevo entre el testigo (DC); los niveles de xantofilas (M20= 20 ppm, M40= 40 ppm) y el polvillo de arroz (PA9= 9% y PA18= 18 % de inclusión). (** = p<0.01)	32

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Preferencia de los consumidores de acuerdo a la coloración de la yema de huevo en algunos países.	18
Cuadro 2. Composición porcentual y nutricional de las dietas para aves en producción, según los tratamientos.	23
Cuadro 3. Nivel de xantofilas presentes en la dieta por tratamiento.	24
Cuadro 4. Promedios de producción, peso y masa de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con polvillo de arroz y de pigmentante marigold saponificado, de la 32 a 36 semanas de edad.	27
Cuadro 5. Desdoblamiento de la interacción del polvillo de arroz con el pigmentante marigold saponificado sobre la pigmentación de la yema de huevo (promedio de evaluación).	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexos 1. Gallinas alimentadas de acuerdo a los tratamientos.	43
Anexos 2. Toma de datos de producción, peso y masa de huevo.....	43
Anexos 3. Recojo de huevos por tratamientos para la medición de yema de huevo.	44
Anexos 4. Medición de la pigmentación de la yema de huevo.	44
Anexos 5. Abanico Colorímetro de Roche, usado para la medición de la pigmentación de la yema de huevo	45

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del marigold saponificado en dietas con altos contenidos de polvillo de arroz, sobre el comportamiento productivo y la pigmentación de la yema de huevo, se evaluaron 350 gallinas Babcock Brown de la semana 32 a 36, alojadas en cada unidad experimental con 14 aves cada una (dos jaulas de siete aves cada una), distribuidas bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2, con cuatro tratamientos más un testigo (M20PA9, M20PA18, M40PA9, M40PA18 y un testigo) y cinco repeticiones. Las gallinas fueron alimentadas a base de maíz, torta de soya, aminoácidos, la inclusión de marigold saponificado (20 y 40 ppm) y polvillo de arroz (9 y 18%), las dietas que contienen polvillo de arroz y marigold saponificado fueron suplementadas con complejo multienzimático. Las variables evaluadas fueron, producción, peso, masa y pigmentación de la yema de la yema de huevo. Los resultados fueron analizados a través del análisis de variancia y los promedios comparados por la prueba de Tukey. Los índices productivos promedios, encontrados para producción, peso y masa de huevo, no mostraron interacción significativa ($p > 0.05$) asociado a los niveles de polvillo de arroz y marigold saponificado; así mismo, índices promedios, encontrados a los 15 días y al periodo total, mostraron interacción altamente significativa ($p < 0.01$), en pigmentación de la yema de huevo. Concluyendo que es posible el uso de dietas con altos contenidos de polvillo de arroz y marigold saponificado suplementadas con complejo multienzimático.

ABSTRACT

With the aim of evaluating the effect of saponified marigold in diets with high levels of rice dust, on the productive behavior and pigmentation of the egg yolk, 350 Babcock Brown hens were evaluated from week 32 to 36, housed in each unit. experimental with 14 birds each (two cages of seven birds each), distributed under a completely randomized design with 2 x 2 factorial arrangement, with four treatments plus one control (M20PA9, M20PA18, M40PA9, M40PA18 and a control) and five repetitions. The hens were fed diets based on corn, soy cake, amino acids, with the addition of saponified marigold (20 and 40 ppm) and rice powder (9 and 18%), diets containing rice powder and saponified marigold. They were supplemented with multienzyme complex. The variables evaluated were: production, weight, mass and pigmentation of the yolk of the egg yolk. The results were analyzed through the analysis of variance and the averages compared by the Tukey test. The average productive indexes, found for production, weight and egg mass, did not show significant interaction ($p > 0.05$) associated with levels of rice dust and saponified marigold; Likewise, average indices, found at 15 days and the total period, showed highly significant interaction ($p < 0.01$), for egg yolk pigmentation. Concluding that it is possible to use diets with high content of rice powder and saponified marigold supplemented with multienzyme complex.

I. INTRODUCCIÓN

La avicultura es una actividad que con el pasar de los años ha tenido un gran avance en nuestro país, siendo una fuente de trabajo muy importante, así mismo; proporciona alimentos de alto valor nutricional en la alimentación humana, cuenta con una población de 24.5 millones de gallinas de postura, una producción de huevo de 415.3 mil toneladas registradas hasta diciembre del año 2017; siendo el consumo per cápita de huevos 198 unidades (Minagri, 2017).

Sin embargo, debido al elevado costo del maíz nacional, las dietas de las gallinas aumentan, llevando de esta forma a altos costos de producción, minimizando las ganancias para el productor. Obligando a buscar insumos no tradicionales; el polvillo de arroz, se presenta como una opción, por su disponibilidad y su alto contenido en fibra a un menor costo; sin embargo, trabajos de investigación han demostrado que con la adición de complejos multienzimáticos en las dietas de gallinas ponedoras el nivel de uso del polvillo de arroz puede subir hasta 15 %, a su vez este insumo conlleva a yemas con una tonalidad pálida, debido al poco contenido de pigmentos que trasfiere a la yema (Luna, 2014).

Frente a ello, y bajo esta opción dentro de insumos no tradicionales, es necesario la adición de pigmentos naturales en la dieta. Siendo una alternativa el uso o la adición de xantofilas procedentes de la flor de Marigold (*Tagetes erecta*), logrando de esta manera complementar las procedentes del maíz, alfalfa, polvillo de arroz, sorgo, etc logrando de esta manera niveles estables en la dieta, los cuales son responsables del color de la yema de huevo (Mora, 2013).

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de atender las exigencias del consumidor en cuanto a la tonalidad de la yema

de huevo, a su vez dar a conocer una alternativa de formulación de dietas para gallinas ponedoras.

II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

2.1. El huevo

2.1.1. Formación del huevo

La formación del huevo sigue un patrón cíclico que dura entre 24 y 26 horas, inicia en la ovulación finalizando con la expulsión del huevo a través de la cloaca, presentando un retraso de 20 a 30 minutos entre puestas, no coincidiendo dos huevos dentro del oviducto. Repitiéndose este fenómeno cíclicamente, de esta manera la gallina pone un huevo diario durante 3, 4 o 5 días, denominándose a este conjunto de días serie de puesta. Después de la serie de puesta la gallina descansa entre 2 a 3 días, (Caravaca, 2003).

El ovario de las aves, está situada en la parte superior de la cavidad abdominal, debajo de la arteria aorta y de la cava posterior. La gónada adulta tiene aspecto de racimo de uva, debido a la presencia de folículos de Graff, siendo portadores de yemas que se encuentran en desarrollo, a su vez se encuentran folículos pequeños y vacíos, los cuales están en proceso de regresión (Miazzo, 2002). Al nacimiento de la pollita el ovario izquierdo se observa de tamaño pequeño, pero con presencia de folículos, llegando a pesar 50 gramos a las 16 semanas. Dicho crecimiento tiene relación con la síntesis de hormonas esteroides, las cuales dependen de la acción de hormonas hipofisarias LH y FSH (Asensio, 2009).

El oviducto se desarrolla por acción de los estrógenos sintetizados en el ovario, el cual sigue el esquema de crecimiento anterior y cuando alcanza la madurez sexual a los 5 meses de edad ya tiene aproximadamente unos 60 cm, extendiéndose desde proximidades del ovario para desembocar en la cloaca, presenta una coloración rosa pálido

(Asensio, 2009). Este órgano se divide en 5 segmentos, todos diferentes unos de otros, desde proximal a distal: infundíbulo, magnum, istmo, útero y vagina (Miazzo, 2002).

El infundíbulo es la entrada del oviducto, el lugar donde la yema o vitelo es capturada luego de la ovulación, en forma de embudo, en este órgano la yema permanece aproximadamente por 15 a 30 minutos. Aquí se forman dos capas más externas de la membrana vitelina, que representan 2/3 partes del total, teniendo por función evitar la entrada de agua de la clara, a su vez se produce a fecundación (Huyghebaert, 2005).

El mágnun, sección más larga del oviducto, el cual presenta diferentes tipos de células que sintetizan las proteínas, siendo depositadas durante las 3 horas y 30 minutos. Este órgano junto con el útero, son los responsables de las propiedades fisicoquímicas de la clara y de la yema. Al salir el huevo del magno, la albumina se muestra con un aspecto gelatinoso denso, sintetizado por estímulo de progesterona y andrógenos, el cual contiene 50 % de agua. La hidratación y estructuración del albumen acaba en el útero; es decir, su función es determinante en la calidad interna del huevo (Palacio, 2012).

El huevo llega al istmo entre 3.5 – 3.75 horas, después de la ovulación. En este tramo, el huevo permanece entre 60 y 75 minutos, y a medida que avanza el huevo, se va recubriendo de fibras proteicas, dando lugar a las denominadas membranas testáceas. Estas sustancias al contacto con el agua, se dilatan y van formando una red fibrosa muy densa, siendo el inicio de la formación de la cascara (Huyghebaert, 2005).

En el útero se produce la última porción de la clara, la cáscara y el pigmento de la cáscara del huevo, aquí el huevo permanece alrededor de 20 horas (Adam, 2000). Durante las primeras 6 a 7 horas de estancia en

el útero, el agua de la clara se duplica, este proceso es conocido como “plumping” porque finaliza con una hinchazón del huevo y el tensado de las membranas de la cáscara. Mientras continua la hidratación de la clara, se inicia el desarrollo y depósito de los cristales de carbonato de calcio; este desarrollo se prolonga hasta las 22 horas del inicio de la formación del huevo. La cutícula orgánica que recubre la cáscara es segregada 2 horas antes de la expulsión del huevo. Después de 2 a 3 horas, finaliza la formación de cutícula y tiene lugar la pigmentación, las concentraciones uterinas alcanzan su pico y provocan, en primer lugar, el paso del huevo a la vagina, para minutos después expulsarlo al exterior (Ramirez, 2008).

En la vagina se produce la interrupción de la calcificación, la cual sucede de 2 a 4 horas antes de su expulsión de éste (Ramirez, 2008), quedando retenido por poco tiempo hasta pasar por la cloaca. En la cloaca que es la parte final de los aparatos urinario, excretor y reproductivo sirve para mantener el huevo ya formado para luego ser expulsado al exterior (Adam, 2000).

2.1.2. Estructura del huevo

El huevo de gallina pesa en promedio 58 gramos, tiene forma geométrica tridimensional denominado esferoide achatado. La cascara es una estructura un tanto frágil y muy mineralizada con dos membranas orgánicas adheridas fuertemente. La membrana externa está pegada a la cascara, la membrana interna encierra el contenido del huevo. Después de la puesta el huevo se enfría, su contenido se contrae y las membranas de la cascara se separan, formando la cámara de aire, al nivel más redondeado del huevo (Cole y Ronning, 1974).

La albúmina (llamada comúnmente clara) está formada por cuatro capas. La capa externa, cerca del 23% de la clara, líquido un tanto

viscoso. Cerca del 57% está formada por una capa llamada clara densa, encerrando en su interior una clara líquida adicional, la cual corresponde el 17 % de albúmina. Finalmente hay una capa gelatinosa pegada a la yema (alrededor del 2% del total), la cual se encuentra cubriendo a la yema, denominada chalaza (Cole y Ronning, 1974).

La yema, de forma esférica, ocupa aproximadamente el centro del huevo, siendo mantenida en ese lugar por la clara densa circundante. Los constituyentes de la yema están encerrados por la membrana vitelina, delgada y transparente (Cole y Ronning, 1974).

2.2. La yema

Algunos químicos precisan que la mayoría de los lípidos de la yema están en combinación o formando complejos con las proteínas (denominados lipoproteínas). Estos complejos lípido - proteína son importantes para las propiedades funcionales de la yema, tales como el poder emulsificante, el poder de espuma y el de coagulación (Cole y Ronning, 1974).

La yema contiene una amplia gama de grasas, los cuales casi 2 tercios son triglicéridos, 15% son fosfolípidos, y el 4% es colesterol (Cole y Ronning, 1974).

Los pigmentos liposolubles son muy importantes, ya que dan a la yema su color amarillo dorado. El color de la yema es fundamental para la calidad de muchos productos alimenticios elaborados a base de huevo. Estos compuestos orgánicos, conocidos como carotenoides, derivan exclusivamente de los piensos (Cole y Ronning, 1974).

2.3. Pigmentación de la yema de huevo

En la actualidad, la forma más eficiente para proporcionar color a la yema de huevo es mediante la adición de carotenoides en la ración, siendo un 70 % a xantofilas y un 2 % a los carotenos los responsables de la pigmentación de la yema de huevo. Sin embargo; los carotenos siendo precursores de la vitamina A dan una coloración pálida a la yema de huevo, por lo tanto, son una fuente nutritiva que las de tonalidad intensa (Mamani, 2014).

Las gallinas tienen la facilidad de depositar carotenoides al huevo con mucha eficiencia, logrando tasas de deposición del 40 %. Debido a esto, las dietas de gallinas de postura contienen menos carotenoide que las de pollo de engorde. Siendo los más empleados para pigmentación de yema de huevo son la cantaxantina y los extractos de paprika (*Capsicum annum*) para la base roja, mientras que Etil-éster del ácido apocarotenóico (apoéster) y luteína – zeaxantina (*Tagetes erecta*) son usados como base amarilla (Cisneros, 2012).

2.4. Pigmentos

Sustancias (carotenoides o xantofilas) que tienen la función de dar color a la yema del huevo, grasa subcutánea y piel de pollos. Dichas sustancias están presentes en algunas materias primas que se encuentran con gran proporción en la dieta de gallinas de postura, siendo el maíz (*Zea mays*), y sorgo (*Sorghum spp.*) proporcionando xantofilas rojas; y la alfalfa (*Medicago sativa*) que aporta xantofilas amarillas (Andrade, 2014).

Shimada (2010) resalta que se puede lograr la pigmentación con ingredientes que contentan carotenos, el cual es precursor de la vitamina

A, teniendo como opción la alfalfa y sus subproductos, a su vez; productos ricos en carotenoides, los cuales no presentan matriz (ninguna característica alimenticia), presentándose como opción la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*).

2.4.1. Pigmentos Sintéticos

Los más utilizados son las premezclas a base de cantaxantina, carotenoides de color rojo y carotenoides de color amarillo. Siendo estos una buena opción en cuanto a coloración de yema de huevo (Cuevas y otros., 2003).

En los últimos años se han venido sintetizando diferentes pigmentos, en los cuales destacan: Etil-éster del ácido apocarotenóico (apoéster), pasan por un proceso de protección antioxidante muy eficaz y cuentan con tasas altas de deposición, Luteina y zeaxantina (Fernández, 2014).

En la actualidad las aves tienen escaso acceso a fuentes naturales de pigmentos, esto debido al tipo de crianza al cual son sometidas, sumado con la poca energía que proporcionan los ingredientes naturales ricos en carotenoides, es difícil alcanzar altos niveles de pigmentación en la yema de huevo sin adicionar fuentes sintéticas (Fernández, 2014).

Faruk y otros (2017) destacan que la tonalidad de la yema de huevo de gallinas alimentadas con apo-éster tuvieron una tonalidad más intensa, sin embargo, resaltó que el incremento de carotenoides amarillos en las dietas produjo un aumento en la coloración de la yema de huevo.

Además, Aureli y otros (2014) resaltan que las tasas de deposición de los pigmentantes dependen del nivel de adición del pigmento en la dieta.

2.4.2. Pigmentos Naturales

Los pigmentantes naturales son un grupo extenso, donde se encuentran los carotenos y xantofilas, sin embargo; debido a la insuficiente cantidad de xantofilas procedentes de los ingredientes de la dieta es necesario la adición de fuentes naturales de pigmentos como, pétalos de clavel muerto, alfalfa y extractos de xantofilas de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en dietas de gallinas de postura para obtener una mejor pigmentación en la yema de huevo (Hencken, 1992 citado por Mamani, 2014).

Mascarrel y Carné (2011) señalan que, para complementar las xantofilas amarillas procedentes de los ingredientes de las dietas, se han empleado xantofilas rojas, principalmente la capsantina procedente del pimentón - papikra, *Capsicum annum*, para de esta manera conseguir tonalidades anaranjadas, permitiendo de esta manera satisfacer las necesidades del mercado consumidor.

En la actualidad y debido a las exigencias por parte del consumidor es que se opta por emplear distintos pigmentos naturales para dar tonalidad a derivados lácteos. La capsantina es el pigmento típico del pimentón y se aplica en fabricación de embutidos. El licopeno es el colorante rojo del tomate (Peto y otros, 1981, citado por Mamani, 2014)

2.4.3. Xantofilas

Las xantofilas son derivados oxigenados de los carotenoides presentes en estructuras vegetales (frutas, flores, hojas y tallos) así mismo, son más disponibles que los carotenos, pero sin actividad pro vitamínicas. Sin embargo, estos pigmentos no presentan matriz nutricional, siendo solo la cantaxantina y la astaxantina, utilizada debido a su mayor estabilidad como aditivo en dietas de truchas, salmones y en gallinas ponedoras (Simpson, 1982, citado por Mamani, 2014).

Según lo publicado por Carné, 2015 la dosificación con los diferentes niveles de carotenoides amarillos naturales no presentó diferencias significativas en valores de luminosidad (L^*) y tonalidad roja (a^*), sin embargo, se observó un incremento de la tonalidad amarilla (b^*) con el aumento de carotenoides de marigold, siendo solo significativo para la dosis de 6.25 ppm. A su vez, resalta que la adición de carotenoides de extracto de marigold junto con la adición de carotenoides rojos, permiten obtener una tonalidad anaranjada adecuada a las demandas del mercado.

Cuca y otros (1963) señalan que concentraciones de 50 a 60 mg/kg de xantofilas, se obtienen yema de color aceptable a las exigencias del mercado. Además, Mendoza y Pino (1964) acotan que el uso de xantofilas como pigmentantes para la yema de huevo en dosis de 30 – 45 mg/kg en dietas, permite obtener tonalidades en yema de huevo aceptables de acuerdo a las exigencias del mercado.

Santos y otros (2004) las gallinas fueron alimentadas con dietas con 7.5 ppm de xantofilas amarillas extraídas de Flor de Marigold (*Tagetes erecta*) y 4.0 ppm de xantofilas rojas de *Capsicum sp.*, tenían yemas de huevos clasificadas de tonalidades de 11.7.

2.4.4. Carotenos

Los llamados carotenos se caracterizan por su coloración que oscila entre rojo, naranja y amarillo. Están constituidas por una cadena corta hidrocarbonada. El compuesto más conocido es el betacaroteno, pudiendo ser encontrado en frutas y vegetales como la zanahoria, pimiento rojo y camote. Siendo los últimos los que presentan mayor cantidad de B-caroteno respecto a el brócoli, pimiento verde y mango (Báez, 2007).

2.5. Fuentes de pigmentos naturales

Maíz: contiene la mayor cantidad xantofilas (54%), zeaxantina (23%) la cual presenta mejores tasas de absorción intestinal y la cryptoxantina (8%). Necesitándose 14 mg. de xantofila por 1 kg. de alimento para obtener una tonalidad deseada utilizando maíz como única fuente de pigmentación (Cuevas y otros, 2003).

Rosa mosqueta: maleza que crece espontáneamente, presenta un fruto de color rojo, siendo utilizada como fuente pigmentante en yemas de huevos por su color amarillo – anaranjado, otorgando una de los principales factores importantes en su comercialización (Cuevas y otros, 2003).

Pimentón: su principal pigmento es la capsantina. Cuando se adiciona 0.35 mg. en 100 g. de alimento se obtiene un color similar a los huevos que se venden en el mercado (Cuevas y otros, 2003).

Gluten de maíz: la harina de gluten de maíz, subproducto de la elaboración de almidón y glucosa. Rica en proteína y lípidos, no se recomienda utilizar como fuente principal de proteína en dietas de gallinas

de postura debido a su escaso contenido de arginina, lisina y triptófano (Cuevas y otros, 2003).

Alfalfa: contiene luteína, siendo poco estable a diferencia de la zeaxantina del maíz y por su color menos intenso, adicionando 15 a 20% de harina de alfalfa en la dieta se puede lograr un color adecuado de la yema (Cuevas y otros, 2003).

Algas: poseen un alto contenido de xantofilas. Una mezcla de 10% de harina de *Fucus vesiculosus*, 15% de *Fucus serratus*, empleándose como única fuente de xantofila en la ración es suficiente para producir una adecuada tonalidad en la yema de huevo (Cuevas y otros, 2003).

Harina de pétalos de Maravilla: Contiene gran cantidad de xantofilas. En lo teórico se indica la adición de la harina en dietas de gallinas ponedoras, como única fuente de pigmentación a dosis de 30mg de xantofila por 1kg de alimento, obteniéndose una adecuada pigmentación (Cuevas y otros, 2003).

Flor de Marigold: conocida como cempasúchil, caléndula, flor de muertos, siendo utilizada como materia prima clave en la industria avícola para pigmentar yema de huevos y piel de pollos de engorde (Torres, 2011). Las xantofilas presentes en la flor de Cempasúchil se encuentran en forma natural como ácidos grasos o esterificados. Mediante el proceso de saponificación estos carotenoides son transformados por hidrólisis alcalina haciendo uso de hidróxido de sodio se hacen más biodisponibles a su absorción en el tracto gastrointestinal y transporte en la sangre para ser aprovechados satisfactoriamente y proporcionar el color a la piel o yema de huevo (López, 2005).

2.6. Absorción y asimilación de carotenoides

La absorción de los carotenoides en el tubo intestinal está asociada con la membrana intraluminal y eventos intracelulares de los lípidos dietarios, siendo el yeyuno el sitio de absorción de los carotenoides mediante difusión pasiva. Luego de la ingesta del alimento, los carotenoides son liberados desde los insumos mediante enzimas digestivas, que incluyen lipasas y emulsiones adicionales mediante las sales biliares y los fosfolípidos que también participan en la emulsificación de los triglicéridos dietarios y otros nutrientes solubles en grasa como la vitamina A, E, K y D3 (Cisneros, 2016).

Los monoglicéridos formados durante hidrolisis de los triglicéridos, en presencia de las sales biliares, forman micelas mixtas, debido a su tamaño pequeño de estas, se mezclan en el ambiente acuoso del lumen intestinal pudiendo así disiparse; de este modo, evidencia que las micelas sirven como un sistema de provisión para que los carotenoides alcancen la superficie de absorción en el intestino (Cisneros, 2016).

Cisneros (2016) resalta que el tipo de dieta influye en la absorción de los carotenoides, porque la cantidad y tipo de alimentación determinan la secreción biliar, mientras que las sales biliares determinan la formación de micelas. Siendo el mecanismo de absorción de los carotenoides la difusión pasiva a través de las membranas de borde cuticular del epitelio de la mucosa intestinal del duodeno y yeyuno.

Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) sirven como sistema de transporte para los carotenoides. Estas partículas circulan en el torrente sanguíneo transportando lípidos exógenos y endógenos en el plasma (Cisneros, 2016).

2.7. Depósito de carotenoides

La VLDLy (lipoproteína de muy baja densidad específica de la yema) es el principal sistema de provisión de carotenoides dentro del desarrollo de los oocitos la cual es inducida por los estrógenos. Las VLDL en gallinas ponedoras, tienen un diámetro es cerca de 30 nm, más pequeño que en las gallinas inmaduras y también las VLDLy llamadas yema específica (Cisneros, 2016).

La VLDLy de tamaño pequeño, permite que pase mediante una lámina basal granulosa del folículo del ovario y se enlace al receptor LR8 en el oolema (membrana que recubre la yema) mediante la apo B 100. La asimilación mediada por el receptor de una VLDLy intacta mediante el enlace al receptor apoB folicular para la endocitosis, lo cual significa que los carotenoides presentes en la VLDLy se transportarán al folículo en desarrollo (Cisneros, 2016).

2.8. Factores que influyen en la pigmentación de la yema de huevo

Existen diferentes aspectos que influyen en la obtener una pigmentación adecuada de la yema de huevo, no solo la cantidad y el tipo de xantofilas disponibles en la ración.

Scott y otros, 1968, citado por Mamani (2014) da a conocer resultados de la comparación de los niveles de deposición de pigmentos en la yema de huevo de gallinas Leghorn blanca adicionando a las dietas carotenoides sintéticos (-apo-8'-carotenal) y algunas fuentes naturales de xantofilas, en los cuales observaron que la capacidad genética de absorber y depositar xantofilas en la yema de huevo varía entre líneas, a su vez; algunas xantofilas logran pigmentar con más eficiencia la yema de huevo que otras fuentes y, algunas fuentes de xantofilas dan una tonalidad hasta

ciertos niveles y luego tienden a descender en coloración conforme se aumenta el nivel de éstas en la ración.

La Guía DSM (2016) en su literatura acota que la eficacia del pigmentante sobre la yema de huevo está basada principalmente por la cantidad del pigmentante en la dieta y por la longitud de onda del mismo.

Según Hamilton y Parkhust, 1990, citado por Mamani (2014) resaltan que conforme se incrementan los niveles de carotenoides en la ración, la concentración de los mismos en la yema de huevo se incrementará en la misma proporción. A su vez la grasa es un ejemplo claro de que influye positivamente en el depósito de carotenoides.

El estado sanitario de las ponedoras, especialmente contar con una salud intestinal óptima, siendo éste factor el que influye positivamente en el color de la yema. La coccidiosis reducen la coloración de las yemas de huevo; la inoculación de *Eimeria acervulina* interfiere en la absorción de carotenoides en el intestino delgado. Los factores genéticos, sistemas de alojamientos de los animales; a su vez, el tiempo, las condiciones y la temperatura de almacenamiento de los huevos influyen así mismo al color de la yema (Panigrahi y Plumb, 1996, citado por Mamani, 2014).

2.9. Polvillo de arroz en gallinas de postura

El polvillo de arroz, presenta 13.24 % de proteína bruta, como también una concentración alta en fibra (7.88 %), la cual contiene polisacáridos no amiláceos (PNA). De igual manera, el polvillo de arroz presenta en su composición fitatos, siendo estos los que se mantienen unidos así al 85 % del fósforo de este insumo, comportándose como limitante para su uso en la formulación de las dietas para aves (Conte y otros 2003, citado por Luna, 2014).

Los PNA, constituyen una barrera física al encapsular los nutrientes, aumentar la viscosidad, reduciendo la digestión y absorción de nutrientes como proteínas, carbohidratos, grasas y componentes osmo-activos tales como el calcio, magnesio, sodio o potasio (De Oliveira y otros, 2009; Viena y otros, 2009; citado por Luna, 2014).

Según Garcia (2000) los PNA generan un aumento en la tasa de proliferación de enterocitos, cambio de morfología de las vellosidades y microvellosidades, dificultando la absorción de nutrientes. Finalmente concluye, que los PNA influyen negativamente sobre los parámetros productivos, aumentan la incidencia de huevos sucios, degeneran el estado sanitario de las aves al aumentar el nivel de humedad de las heces.

Conte y Otros (2003); Viena y otros (2009), citado por Luna (2014) explican que el ácido fitico presente en el polvillo de arroz se liga al fosforo y otros minerales, los hace menos digestibles y biodisponibles. Sin embargo, este efecto negativo puede ser revertido adicionando la enzima fitasa en las dietas de gallinas de postura.

Araujo y otros (2008), en resultados obtenidos con la inclusión de 9 % de afrecho de trigo en dietas acompañado de un complejo multienzimático, demuestran que la fibra no afecta significativamente ($p>0.05$) en las variables evaluadas producción, peso, masa de huevos, gravedad específica.

Luna (2014); concluye que se puede adicionar el polvillo de arroz más complejo multienzimático en dietas de gallinas ponedoras hasta un 15 %, a su vez; adicionar un pigmentante para yema de huevo.

2.10. Importancia de los pigmentos en avicultura

Carranco (2002) señala que las fuentes más importantes de carotenoides empleados en la formulación de raciones para gallinas de postura son el maíz, gluten de maíz, la alfalfa; debido a que contienen carotenoides como luteína, zeaxantina y xantofilas. Pero los niveles de carotenoides presente en los ingredientes del pienso no son constantes y suficientes para lograr una pigmentación aceptable para el mercado consumidor. Es por ello que se opta por la adición de xantofilas amarillas y rojas a los alimentos para complementar los niveles de carotenoides y lograr obtener el color de la yema deseado de una forma constante.

La preferencia por tonalidades más intensas en cuanto a la coloración de yema de huevo, varía de acuerdo a las exigencias y culturas de diferentes países. Estudios realizados en diferentes países como Alemania, Francia, Italia, España y Polonia, nos dan un indicador que los consumidores asocian colores de yema naranja-rojiza con una mejor calidad de huevo, ya que vinculan el color de la yema con la salud de las aves, realizando sus compras de acuerdo a este criterio.

De este modo, es relevante conocer las preferencias del consumidor de modo que se tengan en cuenta, de esta manera hacer de su conocimiento al productor avícola que debe producir huevos con una tonalidad de yema de huevo que demanda un determinado mercado, el color de la yema ya que es considerado más agradable y de mejor calidad (Williams, 1992); el cuadro 1 muestra las preferencias de la coloración por países.

Cuadro 1. Preferencia de los consumidores de acuerdo a la coloración de la yema de huevo en algunos países.

Países	Nivel de coloración ¹	
	Intervalo	Valor deseado
Argentina	7 a 12	8
Brasil	8 a 15	11
Chile	10 a 12	11
España	11 a 13	13
USA	7 a 10	9
México	9 a 12	11
Irlanda	7 a 10	9
Perú	7 a 12	9
Venezuela	7 a 11	8

¹ Escala de color: 1: tonalidad pálida; 15: tonalidad naranja – rojizo.

Fuente Becerril y otros (1988).

2.11. Teoría del color

El color es una sensación que percibimos gracias a la existencia y naturaleza de la luz y a la capacidad de nuestros órganos visuales para transmitir dichas sensaciones al cerebro. Según Newton, el color es luz blanca que se descompone al atravesar un prisma de cristal (Angarita, 2015).

El color de los cuerpos no es una propiedad intrínseca de ellos, si no que depende de la naturaleza de la luz que reciben. La percepción de un color o de otro se logra debido a una propiedad física de la luz, su longitud de onda (Angarita, 2015).

La teoría del color, es un grupo de reglas básicas en la mezcla de percepción de colores para conseguir el efecto deseado combinando color de luz o combinando colores reflejados en pigmentos (Angarita, 2015).

Goethe, vio el color, como resultante de la interacción de la luz y la oscuridad. Newton y Huygens, definen la oscuridad como una ausencia de luz. Young y Fresnel, demostraron que el color es la manifestación visible de la longitud de onda de la luz (Lozano, 1810).

2.12. Sistemas de medición del color

La organización internacional de luz y color CIE, desarrollo dos importantes sistemas para la evaluación e interpretación de color en términos de números basados en la medición de reflectancia espectral de la muestra (Guía metas, 2009)

Sistema de Medición Valores triestímulo (X Y Z) y coordenadas de cromaticidad (x y): creado en 1931 por la CIE, basado en la teoría de los tres componentes de color, establece que el ojo humano posee receptores de los tres colores primarios: rojo, azul y verde; y todos los colores son mezclas que se derivan de ellos (Guía metas, 2009).

Sistema de medición Espacios de color (L^* a^* b^*), creado en 1976 por la CIE, conocido también como CIELAB, el cual expresa la luminosidad L^* (claro u oscuro); mientras que a^* y b^* indican la orientación del color con mejor precisión (Guía metas, 2009).

En la actualidad para facilitar la medición de color ya sea de piel, pico, tarsos y yema de huevo se tienen los colorímetros y espectrofotómetros, el colorímetro está diseñado con tres filtros de color

rojo, verde y azul para seleccionar la longitud de onda, el haz de luz, mientras que los espectrofotómetros están diseñados con una red de difracción para separar el haz de luz en todos sus componentes (Guía metas, 2009).

2.13. Abanico colorimétrico DSM

El Abanico Colorimétrico DSM es el instrumento que es empleado habitualmente para medir el color de la yema de huevo y que ha sido aceptado como estándar en la mayoría de los países del mundo. Cada hoja presente en el abanico hace referencia a un color que ha sido medido por investigadores; por ello se podrá posteriormente reflejar el mismo en la propia yema. A su vez; proporciona una forma sencilla y practica de medir y evaluar el color de la yema, siguiendo las siguientes directrices para asegurar la precisión en la determinación del color (Mamani, 2014).

El método consiste en la comparación visual de la yema bajo una escala de color en forma de abanico, que abarca desde amarillo verdoso hasta naranja profundo. Las quince tonalidades presentes y actualmente cuenta con una más, siendo estas seleccionadas de la banda de yemas ubicadas en el triángulo de color de la comisión internacional de iluminación. Cada uno de los quince tonos puede ser fácilmente diferenciado por el ojo humano, el cual es capaz de lograr detectar longitudes de onda hasta 650 nm, dicha evaluación debe llevarse a cabo contra un fondo neutro, para eliminar de esta manera la influencia de colores adyacentes, se debe hacer uso de luz solar indirecta, siendo un solo observador el quien haga la comparación visual (Guía DSM, 2016).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de Investigación

El estudio se realizó en la Avícola “Bello Horizonte”, ubicada en la carretera a Simbal km 21 del centro poblado Quirihuac, en el distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, en la región de La Libertad.

3.2. Animales de estudio

Se utilizaron 350 gallinas de 32 semanas de edad de la línea Babcock Brown, las mismas que fueron distribuidas en las jaulas de acuerdo a los tratamientos, y recibieron similares condiciones de manejo y agua, el alimento se suministró según los tratamientos asignados.

3.3. Instalaciones

Se utilizó un galpón de 24 m x 75 m dentro del cual se encuentran jaulas de 61 cm de largo, 51 cm de ancho y 37 cm de alto, ubicadas a una altura de 52 cm sobre el piso, y dispuestas en dos niveles. En cada jaula se alojaron 7 aves. Se usaron comederos tipo canaleta y los bebederos de tipo niple, dispuestos en el exterior de la jaula; el piso de las jaulas, tipo parrilla, tiene una inclinación hacia adelante, el mismo que permite el desplazamiento de los huevos facilitando su colecta manual.

3.4. Manejo

El manejo rutinario incluyó manejo del agua (administración y regulación), del alimento (se distribuyó por la mañana y se removió por la tarde), se recogió huevos (dos veces al día), limpieza, manejo sanitario (medicaciones en caso de enfermedad), manejo de mantas (de acuerdo a

la temperatura, humedad y ventilación del ambiente), manejo de aves muertas y manejo de plagas (moscas y roedores). El manejo se realizó de manera uniforme para todas las aves.

3.5. Alimentación

Las aves fueron alimentadas con dietas a base de maíz, torta de soya, soya integral, aminoácidos y la adición de Marigold saponificado en dos niveles (20 ppm y 40 ppm); a su vez, polvillo de arroz en dos niveles (9% y 18%). Todas las dietas que contienen polvillo de arroz y marigold saponificado fueron suplementadas con un complejo multienzimático, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de la línea genética.

Las aves recibieron las dietas de acuerdo a los tratamientos durante 4 semanas. Las que fueron formuladas para atender a los requerimientos nutricionales establecidos de la línea genética, las cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición porcentual y nutricional de las dietas para aves en producción, según los tratamientos.

INGREDIENTES ¹	TRATAMIENTOS				
	M20PA9	M20PA18	M40PA9	M40PA18	DC
Maíz nacional	55.05	46.05	55.05	55.05	64.10
Harina de soya % PB	20.23	20.23	20.23	20.23	20.23
Soya integral	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32
Polvillo de arroz	9.00	18.00	9.00	18.00	0.00
Carbonato de Calcio fino	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Carbonato de Calcio grueso	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93
Fosfato bicalcico (fosbic)	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Premezcla vitaminas y minerales	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sal común	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
DL Metionina	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Colina	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Secuestrante (mycopro)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Antifungico (fungi 50)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Antimicrobiano (baczcín)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Compl. Multienzimático ²	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
Marigold saponificado	0.05	0.05	0.10	0.10	0.00
Valor nutricional					
Proteína %	16.66	16.66	16.66	16.66	16.66
EM aves Kcal/kg	2850.00	2850.00	2850.00	2850.00	2850.00
Ca, %	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
P disponible, %	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Lis digestible, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Met digestible, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Met + Cis digestible, %	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Tre digestible, %	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Trp digestible, %	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

¹ Tratamientos: resultan de la combinación de dos niveles de marigold saponificado (0.05 y 0.10% de marigol, equivalente 20 y 40 ppm de xantofilas) con dos niveles de polvillo de arroz (9 y 18 %)

² Complejo multienzimático: 0.04 kg/t de Rovabio TM Excel R y 0.01 kg/t Axtra R phy.

Cuadro 3. Nivel de xantofilas presentes en la dieta por tratamiento.

Xantofilas (ppm)					
Ingredientes¹	M20PA9	M20PA18	M40PA9	M40PA18	DC
Maíz	8.80	7.40	8.80	7.40	10.30
Torta de soya	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Pigmentante	20.00	20.00	40.00	40.00	0.00
Total	29.20	27.80	49.20	47.80	10.70

¹Tratamientos: M20PA9= Dieta con 20 ppm de marigold saponificado y 9% de polvillo de arroz, M20PA18= Dieta con 20 ppm de marigold saponificado y 18% de polvillo de arroz, M40PA9= dieta con 40 ppm de marigold saponificado y 9% de polvillo de arroz, M40PA18= dieta con 40 ppm de marigold saponificado y 18% de polvillo de arroz, DC= dieta control.

3.6. Variables independientes

Factor A: uso de marigold saponificado

a1: marigold saponificado (20 ppm)

a2: marigold saponificado (40 ppm)

Factor B: uso de polvillo de arroz

b1: polvillo de arroz (9%)

b2: polvillo de arroz (18 %)

3.7. Tratamientos

Los tratamientos fueron la combinación de los niveles de marigold saponificado por los niveles de polvillo de arroz, más complejo multienzimático y en presencia de un testigo; resultando en cinco tratamientos.

M20PA9: Dieta con 20 ppm de marigold saponificado y 9% de polvillo de arroz

M20PA18: Dieta con 20 ppm de marigold saponificado y 18% de polvillo de arroz

M40PA9: Dieta con 40 ppm de marigold saponificado y 9% de polvillo de arroz

M40PA18: Dieta con 40 ppm de marigold saponificado y 18% de polvillo de arroz

DC: Dieta comercial – testigo

3.8. Variables dependientes

- Pigmentación de yema de huevo
- Producción de huevo (%)
- Masa de huevo, g/ave día
- Peso de huevos, g

Para medir la pigmentación de la yema de huevo se abrieron cinco huevos por unidad experimental; a los 15 y a los 30 días de iniciado el experimento, los que fueron evaluados haciendo uso del Abanico Colorimétrico Yolk Colour Fan de DSM, el cual cuenta con 15 tonalidades, que van desde amarillo verdoso a un anaranjado rojizo.

3.9. Análisis estadísticos

Las aves fueron distribuidas a través de un diseño completo al azar con arreglo factorial 2 x 2 (dos niveles de marigold saponificado: 20 y 40 ppm, y dos niveles de polvillo de arroz: 9 y 18 %) más un testigo. Con cinco tratamientos y cinco repeticiones; cada unidad experimental contuvo 14 aves (dos jaulas de siete animales cada una).

El modelo lineal aditivo fue:

$$Y_{ijk} = u + A_i + B_j + A_i \times B_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = observación que recibe el efecto del marigold saponificado y el polvillo de arroz

u = promedio general

A_i = Efecto del nivel de marigold saponificado en la dieta

B_j = Efecto del nivel de polvillo de arroz

$A \times B$ = Interacción marigold saponificado y polvillo de arroz

E_{ijk} = error experimental

Los resultados de las variables fueron analizados a través del análisis de variancia y los promedios comparados por la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación del comportamiento productivo

En los resultados de producción, peso y masa de huevo de gallinas ponedoras no se ha encontrado interacción significativa ($p > 0.05$) entre los niveles de inclusión en la dieta de polvillo de arroz (9 y 18 %) y pigmentante marigold saponificado (20 y 40 ppm); debido a ello, en el Cuadro 4 se muestran los resultados de los promedios del periodo de evaluación independientemente por cada factor, en donde se observa que los niveles utilizados en cada uno de los factores no influyeron significativamente ($p > 0.05$) en las variables evaluadas.

Cuadro 4. Promedios de producción, peso y masa de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con polvillo de arroz y de pigmentante marigold saponificado, de la 32 a 36 semanas de edad

Factores ¹	Producción de huevos (%)	Peso de huevos (g)	Masa de huevos (g)
Marigold Saponificado (ppm)			
20 (28.50) ²	85.80a	62.28a	53.42a
40 (48.50) ²	86.33a	61.82a	53.08a
Polvillo de arroz (%)			
9	85.26a	62.36a	52.90a
18	86.86a	61.74a	53.59a
Testigo³ vs Factorial			
Testigo	87.33a	62.52a	54.58a
Factorial	86.32a	62.14a	53.51a
SEM ⁴	4.62	0.82	2.74

¹En cada factor y para cada variable promedios seguidos de letras iguales en la columna no difieren significativamente por la prueba Tukey ($p > 0.05$).

²Valores entre paréntesis indica xantofilas totales en la dieta

³Tratamiento testigo: sin inclusión de polvillo de arroz ni marigold saponificado.

⁴SEM: error estándar del promedio.

En la evaluación semanal del efecto del polvillo de arroz sobre la producción, se observa que no hubo variación entre tratamientos en ninguna de las semanas que duró la evaluación (Figura 1).

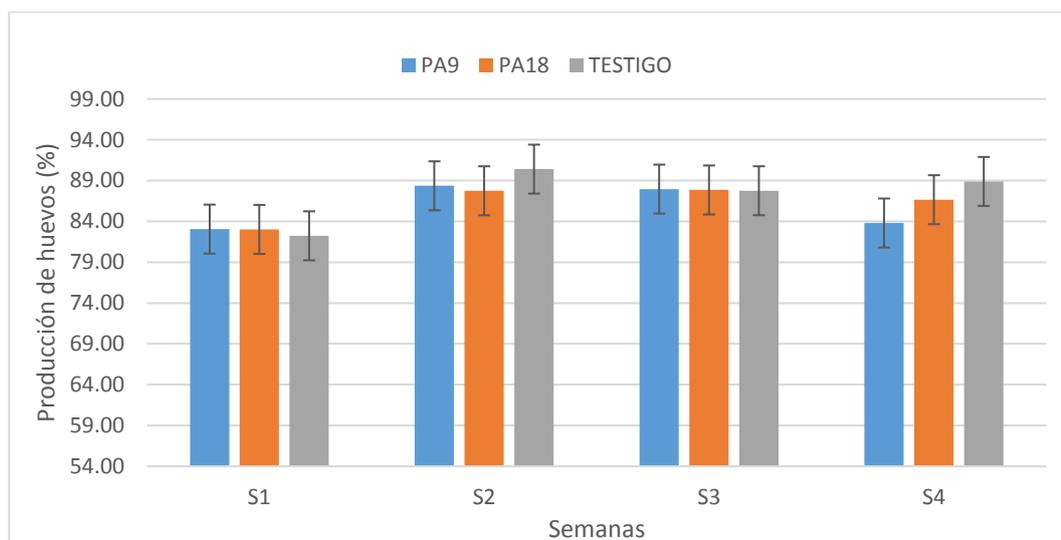


Figura 1. Comportamiento de la producción de huevos, en función de los niveles de polvillo de arroz durante el periodo de evaluación.

En el peso de huevos evaluado semanalmente, se observó variación significativa ($p > 0.05$) entre los niveles 9 y 18 % de polvillo de arroz en la tercera semana; en las evaluaciones siguientes no se encontró diferencias significativas (Figura 2).

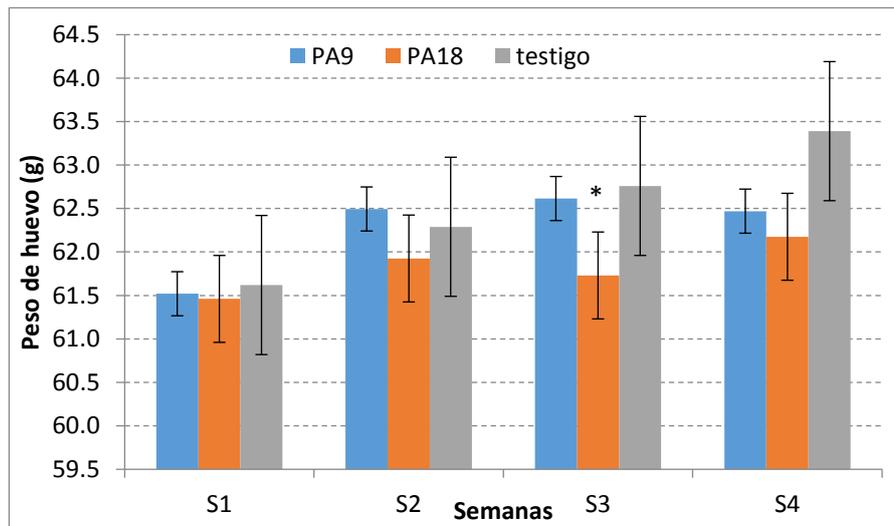


Figura 2. Comportamiento del peso de huevo, en función de los niveles de polvillo de arroz durante las cuatro semanas.

La masa de huevo, no presentó variación significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos durante las cuatro semanas que duró la evaluación (Figura 3).

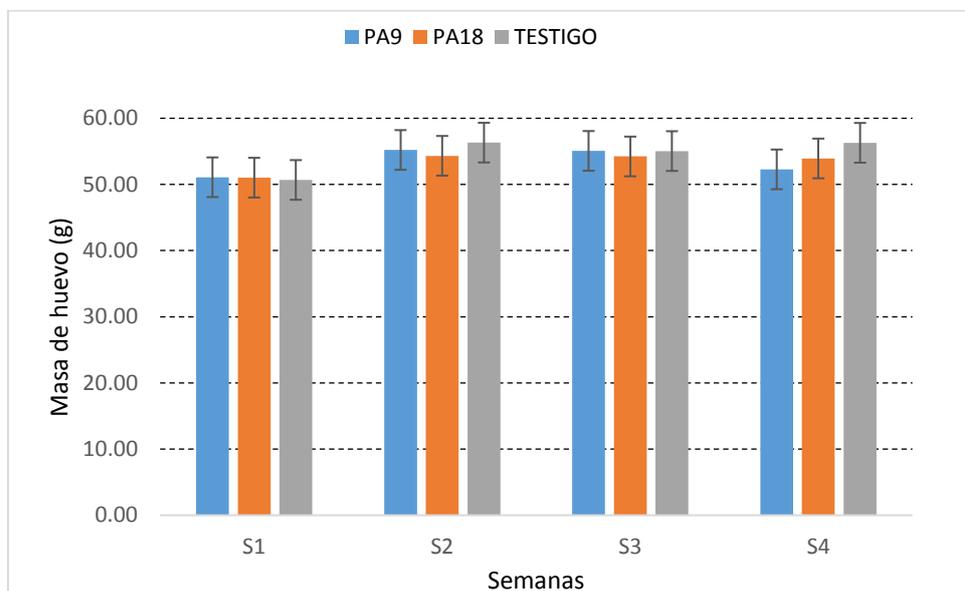


Figura 3. Comportamiento de la masa de huevo, en función de los niveles de polvillo de arroz durante las cuatro semanas.

4.2. Pigmentación de la yema de huevo

El uso de polvillo de arroz y de pigmentante marigold saponificado en la dieta de ponedoras, mostró interacción altamente significativa ($p < 0.01$), en la pigmentación de yema de huevos, tanto a los 15 días de evaluación como en el periodo total; en consecuencia, desdoblamos la interacción que se muestra en el cuadro 4; donde se observa que dietas con 40 ppm de marigold saponificado mostraron mayor pigmentación que 20 ppm, ($p < 0.05$) en ambos niveles de polvillo de arroz; dentro del nivel 20 ppm, el nivel de 18 % de polvillo de arroz presentó mayor pigmentación que el 9% de inclusión de polvillo de arroz.

Cuadro 5. Desdoblamiento de la interacción del polvillo de arroz con el pigmentante marigold saponificado sobre la pigmentación de la yema de huevo (promedio de evaluación).

Marigold Saponificado (ppm)	15 días de eval.		Periodo total	
	Polvillo de arroz (%)		Polvillo de arroz (%)	
	9	18	9	18
20	9.00Bb	9.96Ab	9.18Bb	9.86Ab
40	11.44Aa	11.32Aa	11.02Aa	10.74Aa

¹Promedio seguidos de letras mayúsculas (minúsculas) diferentes en cada fila (columna) difieren significativamente entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

La pigmentación de yema huevo, presentó variación altamente significativa ($p < 0.01$) entre la dieta control y los demás tratamientos (factorial); también se observa variación altamente significativa ($p < 0.01$) entre la dieta control, y los dos niveles de pigmentante marigold, siendo 40 ppm el nivel que presentó mayor pigmentación de yema de huevo; entre niveles de polvillo de arroz no se muestra variación en la pigmentación (Figura 0 4).

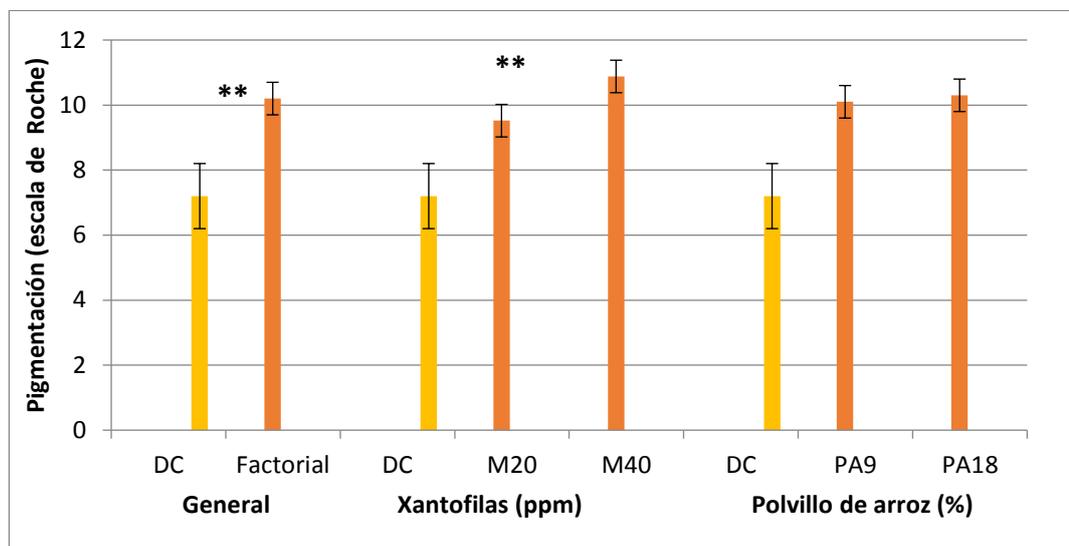


Figura 4. Comparación de la pigmentación de la yema de huevo entre el testigo (DC); los niveles de xantofilas (M20= 20 ppm, M40= 40 ppm) y el polvillo de arroz (PA9= 9% y PA18= 18 % de inclusión). (** = $p < 0.01$).

V. DISCUSIONES

5.1. Evaluación del comportamiento productivo

De manera general, los resultados con respecto a las variables de producción, peso y masa de huevo, encontrados como promedios de todo el periodo evaluado (Cuadro 4) no mostraron interacción significativa ($p > 0.05$), entre los niveles de polvillo de arroz y los del pigmentante marigold saponificado. Al evaluar los factores independientes, se encontró que tanto los niveles de polvillo de arroz como de marigold saponificado no influyen significativamente ($p > 0.05$) en las variables evaluadas. De igual forma, la comparación global de la dieta control (testigo) en relación a los tratamientos que recibieron marigold saponificado y polvillo de arroz (factorial) mostró que la adición de estos productos no influye significativamente sobre la producción, peso y masa de huevo, lo cual demuestra que los PNA y fitatos, considerados como factores antinutricionales y que se encuentran aumentados al aumentar el polvillo de arroz en la dieta, han sido degradados por acción del complejo multienzimático adicionado a la dieta, debido a ello; no muestran efectos negativos en los parámetros productivos; siendo por tanto, una alternativa de uso altos niveles de polvillos de arroz en la dieta desde que se adicionen complejos multienzimáticos.

El uso de complejos multienzimáticos en dietas a base de ingredientes con alto contenido de fibra para aves ha sido demostrado en diversas investigaciones; resultados similares a los nuestros fueron obtenidos por Araujo y otros (2008) donde utilizaron 9 % de afrecho de trigo en la dieta con la adición de enzimas como xilanasas, β -glucanasas y otras, demostrando que la fibra no afecta significativamente ($p > 0.05$) en las variables evaluadas de peso, masa de huevo, gravedad

específica y producción de huevo; De igual modo, Luna (2014) utilizando altos niveles de productos fibrosos (15 % de polvillo de arroz) en la dieta con la adición de enzimas como amilasas, proteasas y xilanasas, demostraron que la fibra no afecta significativamente ($p>0.05$) en la producción, peso, masa de huevo, conversión alimenticia.

Se sabe que la fibra (PNA) aumentan la viscosidad, alteran la morfología de las vellosidades intestinales, siendo de esta manera un desafío para la digestión y absorción de los nutrientes; sin embargo, haciendo el uso de un complejo multienzimático (β -glucanasa y xilanasas) y una fitasa, podemos revertir estos efectos negativos; de esta manera, con esta investigación demostramos que existe una alternativa para la formulación de raciones para gallinas ponedoras.

5.2. Pigmentación de yema de huevo

Los resultados obtenidos en la pigmentación de yema de huevo como respuesta al uso de polvillo de arroz combinado con pigmentante marigold saponificado en la dieta (Cuadro 5), mostraron interacción altamente significativa ($p<0.01$), demostrando que en los dos niveles de polvillo de arroz utilizados (9 y 18%) se obtuvo mejor pigmentación a mayor dosis de pigmentante (40 ppm), como efecto de un mayor nivel de xantofilas en las dietas; por otro lado, comparando entre niveles de polvillo de arroz, aves que consumieron dietas con 18 % de polvillo de arroz y adición de 20 ppm de xantofilas mostraron mejor pigmentación, lo cual puede estar explicado por un similar nivel de xantofilas totales (Cuadro 3) para ambos tratamientos de polvillo de arroz. Estos resultados coinciden con Aureli y otros (2014) donde resaltan que las tasas de deposición de pigmentante en la yema de huevo aumentan conforme aumenta la dosis del pigmento en la dieta.

Los resultados comparados, de manera general, en la pigmentación de la yema de huevo (Figura 4) mostraron que aves que recibieron suplementación de pigmentante en la dieta, mostraron mayor coloración de la yema de huevo ($p < 0.01$) que aquellas que no recibieron pigmentante adicional en la dieta, lo cual explica que las xantofilas que aportan los ingredientes de la dieta no son suficientes para promover pigmentación aceptable y que estas disminuyen aún más cuando se adiciona polvillo de arroz (Cuadro 3), de esta manera y suplementando con pigmentantes podemos lograr cumplir con las exigencias del mercado peruano, donde el nivel aceptado está en un valor de 9 (Williams, 1992); sin embargo, nuestros resultados coinciden con los reportados por Mendoza y Pino (1964) que usando 30 a 45 ppm de xantofilas en la dieta permite obtener una pigmentación aceptable, a su vez estos difieren de los reportados por Cuca y otros (1963) que necesitaron 50 a 60 ppm de xantofilas en dietas para poder obtener una pigmentación aceptable para el consumidor.

En la actualidad las aves consumen menos alimento teniendo escaso acceso a fuentes naturales de pigmentación, de esta manera es difícil alcanzar los niveles deseados para cumplir con las preferencias de los consumidores; estudios realizados por Santos y otros (2004); Mascarrel y Carné (2011) señalan que para complementar las xantofilas amarillas de origen natural, se utilizaron xantofilas rojas para obtener una pigmentación aceptable a las exigencias del consumidor; dichos resultados difieren de los nuestros ya que haciendo uso únicamente de xantofilas amarillas (marigold saponificado) pudimos obtener una pigmentación aceptable.

VI. CONCLUSIONES

El polvillo de arroz incorporado hasta 18% en la dieta de gallinas en producción adicionando complejo multienzimático no afecta el desempeño productivo.

El uso de marigold saponificado en niveles de 20 ppm en dietas con alto contenido de polvillo de arroz mejora la pigmentación de la yema de huevo.

La mejor pigmentación de yema de huevo se obtuvo con 40 ppm del pigmentante marigold saponificado, independientemente de los niveles de polvillo de arroz.

VII. RECOMENDACIONES

Seguir realizando investigaciones con otras fuentes de pigmentantes naturales.

Realizar investigaciones con otros productos fibrosos, con el fin de tener alternativas en la formulación de dietas en gallinas de postura.

Utilizar niveles elevados de polvillo de arroz en la dieta de gallinas en la fase de postura adicionando marigold saponificado en 20 ppm y complejo multienzimático.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Adam, L.V. 2000. La Reproducción y la Herencia. En: Producción Avícola Ed. por Vaca Adam (págs. 69 – 77). Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.

Angarita D. 2015. Teoría integrada del color 2015. Recuperado <https://teoriaintegradadelcolor.wordpress.com/resumen-general-de-consulta-teoria-del-color/>

Andrade, J. 2014. Evaluación de la pigmentación del pollo en pie a partir del empleo de Flor de Marigold (*Tagetes erecta*). (Tesis Ing. Agrónomo), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

Araujo. D., Da Silva, J., De Miranda, E., De Araujo, J., Costa, F., Teixeira, E. 2008a. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de camadas semilimentadas na fase de produção. Rev. Bras. Zootec., Viçosa. 37(5): 843-848.

Asensio, E.A. 2009. Anatomía y Fisiología de la puesta. Ed. por Eduardo Angulo Asensio, Fisiología Aviar (págs. 19 – 25). ISBN

Aureli, R., Fernandez, S y Cisneros, F. DSM Nutritional Products. 2014. Eficacia de pigmentación de yema de huevo de dos productos altos en zeaxantina comparados con Apo-ester, recuperado: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/eficacia-pigmentacion-yema-huevo-t30912.htm>

Barroeta, A. 2008. El huevo y sus componentes como alimento funcional. Disponible:

http://www.institutohuevo.com/images/archivos/ana_barroeta._el_huevo_a_limento_funcional08_13135328.pdf

Báez, J. 2007. Generadores de colores naturales: carotenos y xantofilas

Blas, B., Gonzales, G. 1991. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Carné, S. 2015. Xantofilas naturales en el huevo: Cuando no basta con tener buen color, recuperado: <https://nutricionanimal.info/xantofilas-naturales-en-el-huevo-cuando-no-basta-con-tener-buen-color/>

Carrasco, M. 2002. Inclusión de Harina de cabezas de camarón (*Panaeus sp*) en raciones para gallinas ponedoras y su efecto sobre la concentración de pigmento rojo en yema y calidad de huevo. (Tesis posgrado), Universidad de Colima, Tecomán, México.

Carné, S. 2015. Eficacia del Extracto de Marigold en la pigmentación de la yema de huevo: NutriNews, recuperado http://www.itpsa.com/images/Extracto_Marigold_pigmentacin_yema.pdf

Cisneros, F. 2012. Desarrollos tecnológicos en la pigmentación de huevo y pollo, IV Congreso CLANA, recuperado: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2398/desarrollos-tecnologicos-en-la-pigmentacion-de-huevo-y-pollo/>

Cisneros, F. 2016. La salud de las aves influencia en la deposición de carotenoides en la yema de huevo. DSM White Paper.

Cole, H y Ronning, M. 1974. Curso de Zootecnia, Zaragoza, España, Acribia. pp: 191 – 192.

Cuevas, B., Díaz, G., Molina, A., & Retanal, C. (2003). *Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras*.

Faruk, M., Jenin, P., Schierle, J., Cisneros, F. y Martínez, R., 2017. Eficacia de apo-éster (10 %) y un extracto de flor de marigold concentrado (10 %) en la pigmentación de yema de huevo. LIV Symposium Científico de Avicultura AECA/WPSA, celebrado en León, España, pág. 211 a 214.

Fernandez, S. 2014. Pigmentación del pollo de engorde. Seminario Internacional de Manejo y Sistemas Operativos en Pollo de Engorde, AMEVEA, recuperado <http://www.elsitioavicola.com/articles/2658/pigmentacion-en-pollo-de-engorde/>

García, M. 2000. Evaluación de complejos enzimáticos en alimentación de pollos de engorde. Tesis Ing. Agronomo. Madrid, España, Escuela Politécnica de Madrid. p 170.

Gómez, J. y Valero, J. 2006. Aviornis Internacional. El huevo, pág 43.

Guía DSM. 2016. Guía para la pigmentación de la yema de huevo. DSM Nutritional Products, Suiza.

Guía Metas. 2009. La guía metas 2009: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-09-07-Medicion-de-color.pdf>

Hernandez, M. 2018. La pigmentación de huevos y pollos de engorda, recuperado: <https://bmeditores.mx/avicultura/articulos/nutricion-en-avicultura/alimentacion-del-broiler/la-pigmentacion-de-huevos-y-pollos-de-engorda-1254>

Hencken, H. 1992. Chemical and physiological of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Science*. 71 (4):711-717.

Huyghebaert, G. 2005. Fisiología de la puesta, con énfasis en la calidad de cáscara. Conferencia de DSM Nutritional Products, Guadalajara, 2005.

Karunajeewa, H. 1984. Factores influyentes en la pigmentación de la yema de huevo.

Luna, Candy. 2014. Uso de polvillo de arroz con adición de complejo multienzimático, en dietas de aves de postura comercial. Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.

López, C. 2017. Pigmentos avícolas y sanidad intestinal, recuperado: <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/pigmentos-avicolas-y-sanidad-intestinal.html>

López, E. 2005. *Aspectos Básicos sobre Pigmentación en piel de pollo, CAROTENOIDES Y XANTOFILAS*. Recuperado: <http://www.midiotecavipec.com/avicultura/avicultura220206.htm>

Lozano, P. 1810. La teoría del color de Goethe. Recuperado: <http://proyectoidis.org/la-teoria-del-color-de-goethe/>

Mascarrel, J y Carné, S. 2011. Pigmentos naturales: Combinación de xantofilas amarillas y rojas para optimizar su utilización en broilers. Recuperado: <http://www2.avicultura.com/sa/012-017-Alimentación-Pigmentantes-naturales-Macarrel-Carne-ITPSA-SA201112-pdf>.

Mamani, E. 2014. Efecto de la harina de hojas de Pisonay (*Erythrina sp*) en la coloración de la yema de huevo en gallinas de postura Hy Line Brown. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Mendoza, C., Pino, J. 1964. Efecto pigmentante de 3 fuentes de xantofilas sobre la yema de huevo.

Mora, C. 2014. Utilización de Harina de Achiote (*Bioxia Orellana L*) como pigmentante en el engorde de pollos. Tesis Med. Veterinario y Zoo. Universidad técnica de Machala, Ecuador.

Rivera, W. 2012. *Uso de pigmentos en producción avícola*. Recuperado www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/USO%20DE%20PIGMENTOS%20EN%20PRODUCCION%20AVICOLA.pdf

Santos – Bocanegra, E; Ospina – Osorio, X; Oviedo – Rondon, E. 2004 Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erecta* (Marigold Flower) and *Capsicum sp.* (Red pepper Paprika) as a pigment for egg – yolks compare with Synthetic pigments.

Shimada, A. 2005. Nutrición Animal, México DF, México, Trillas.

Siea. 2017. Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización Avícola. Ministerio de Agricultura y Riego, Perú.

Torres, S. 2011. *Marigold o cempasúchil, la flor maravilla: Escasea en el mundo*. Recuperado: http://www.wattagnet.com/Marigold_o_cempas%C3%B4chil,_la_flor_maravilla__Escasea_en_el_mundo.html

Williams, W. 1992. Origin and impact of color of consumer preference for food. *Poultry Science*. 17: 744 – 746.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Gallinas alimentadas de acuerdo a los tratamientos.



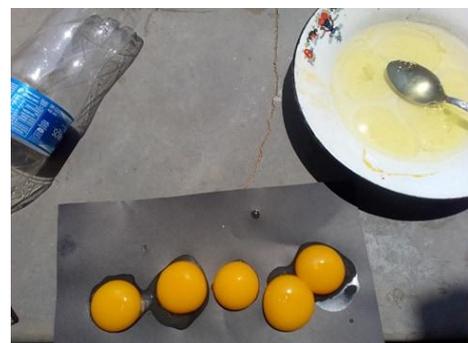
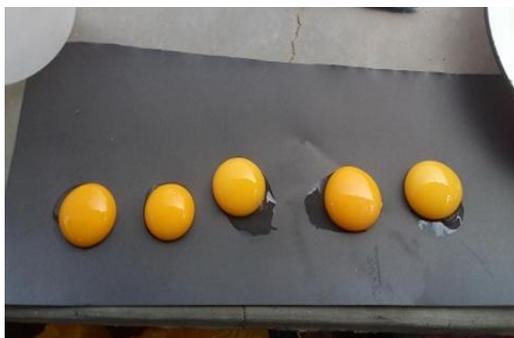
Anexo 2. Toma de datos de producción, peso y masa de huevo.



Anexo 3. Recojo de huevos por tratamientos para la medición de yema de huevo.



Anexo 4. Medición de la pigmentación de la yema de huevo.



Anexo 5. Abanico Colorímetro de Roche, usado para la medición de la pigmentación de la yema de huevo

